ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第五十九卷　　第四期

研究報告

栽培介質對大慧星風蘭植株生育之研究
吳容儀、賴彥旭 219
'春豐'桃的育成
歐錫坤、陸明德、劉明穗、宋家瑋 228
利用葉綠素螢光與有效授粉估測甜椒之耐熱性
王昭月、曾夢蛟 237
東方果實蠅大面積區域防治效果評估模式研究-台東地區釋迦果園測試
高靜華、黃毓斌、江明耀、謝雨蒔、鄭允 249
異戊烯轉移酶 (*ipt*) 基因轉殖青花菜花粉活性及其相近菜種雜交之研究
丁柏瑜、張翔、高于雯、呂秀英、陳榮芳、吳明哲、陳烈夫 261
水稻於良種繁殖制度下之遺傳變異
吳東鴻、胡凱康 275
貯存溫度與時間對岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii*) (膜翅目：釉小蜂科) 生育力與致死寄主能力之影響
錢景泰、張淑貞 289

勘誤 [59(2):126–133 (2010)]
銀耳多醣於改善便秘之動物模式評估
陳鯤兆、吳昭慧、廖俊旺、楊淑惠

中華民國九十九年十二月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　台灣　台中市

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):219–227 (2010)

栽培介質對大慧星風蘭植株生育之研究 [1]

吳容儀[2,4] 賴彥旭[3]

摘　要

吳容儀、賴彥旭。2010。栽培介質對大慧星風蘭植株生育之研究。台灣農業研究 59:219–227。

大慧星風蘭 (*Angraecum sesquipedale*) 為蘭科風蘭屬著生蘭，原產於馬達加斯加，花朵具有特殊型態的「距」而聞名，可與蝴蝶蘭屬雜交，藉此導入其特殊花型以增加觀賞性。目前該原種相關栽培研究資料闕如，為建立栽培模式，本試驗以單一或混合介質作為栽培介質，測試其對植株生長與開花品質之影響。結果顯示，以水苔為栽培介質的植株最高，葉片數、葉面積、開花率及開花品質均優於其它介質；以樹皮混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑與蘿摩石所栽培的植株生長表現最差，開花率不佳、花朵品質也不理想。建議利用水苔做為栽培介質再配合每週 0.5 g/L 的速效性肥料澆灌，可栽培品質優良之大慧星風蘭盆花。

關鍵詞：介質、大慧星風蘭。

前　言

大慧星風蘭 (*Angraecum sesquipedale* Thou.) 為蘭科風蘭屬 (*Angraecum*) 植物，與蝴蝶蘭同屬於萬代蘭亞族 (sub-tribe Vandinae) 單莖類的著生蘭 (Black 1998)，是馬達加斯加原產的特有蘭花。風蘭屬植物約有 200 多種，分布於熱帶非洲、馬達加斯加島及斯里蘭卡，植株大小從數公分至 1 m 以上均有，花朵星形、花色多為白色或樸素的淺黃色、黃綠色 (Huang 2004)，該類風蘭最大特色為花朵具有一個很長的管狀凸出物，稱之為「距」 (spur) (Pridgeon 1992)，近年來已有人成功地將風蘭與蝴蝶蘭等異屬雜交，希望藉此將其特殊型態的「距」導入雜交後代，以提高觀賞性，增加花卉市場的多樣性選擇。有關大慧星風蘭的相關研究多聚焦於其特殊的花朵構造 (Stern *et al.* 1986; Whittall & Hodge 2007)，但缺乏栽培環境及技術的研究。本研究設計不同栽培介質進行試驗，冀能藉此建立適合大慧星風蘭盆花生產的最佳栽培模式。

材料與方法

試驗材料

參試材料為大慧星風蘭 (*Angraecum sesquipedale*) 自交實生苗，挑選株高 (7–18 cm)、葉數 (7–8 片葉) 及葉長整齊度均一的植株作為試驗材料，定植於直徑 11.5 cm 的瓦盆，置於有水

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2425 號。接受日期：99 年 11 月 19 日。
2. 本所花卉研究中心助理研究員。台灣　雲林縣　古坑鄉。
3. 國立岡山高級農工職業學校教師。台灣　高雄市。
4. 通訊作者，電子郵件：iris12@tari.gov.tw；傳真機：(05)5820835。

牆及風扇設備之溫室中栽培，試驗期間氣溫 17–31℃。每週以速效性肥料 Peters 20-20-20 ($N-P_2O_5-K_2O$) 0.5 g/L 澆灌 1 次，並視天候狀況，每 2–3 週以自來水澆灌 1 次以淋洗介質中累積之鹽類離子。

試驗所選用的介質種類，以保水性佳、具良好通氣性、取得容易、使用方便、業者常用、成本合宜及省工等為綜合考量，共設計 5 種介質處理：(1) 水苔 (sphagnum moss)，產地為智利，栽培試驗前先經 2 次泡水；(2) 人造纖維 (artifical textile)，為紡織工廠所生產的聚醯氨 (polyamide) 及聚酯類 (polyethylene terephthalate) 化合物 (Chang *et al*. 2006)；(3) 泥炭土 (peat moss)：3 號真珠石 (perlite) = 2：1 (體積比)，泥炭土為紐西蘭進口；(4) 4 號樹皮 (bark) (粒徑約 1.3–1.7 cm)：2B 蛇木屑 (tree-fern) (長度 1.7–3 cm) = 2：1，樹皮為松樹皮，產地為印尼，蛇木屑產地為印尼；(5) 4 號樹皮 (bark)：2B 蛇木屑 (tree-fern)：薩摩石 (satsuma) = 1：1：1，薩摩石產地為日本。各參試介質的特點如表 1 所示。

試驗介質的理化特性分析

pH 值、EC 值 (Electrical conductivity) 分析：本試驗採用 5 種栽培介質，其中水苔在 RO (Reverse osmosis) 水中分別浸泡 0、1、2、3 次，每次浸泡 2 小時，再經脫水處理後取樣測量，代號分別為 A、B、C、D。參試各介質逢機取樣 3 重複，依重量比 1：10，加入去離子水，浸泡 24 小時，分別以 pH meter (Suntex TS-1，台灣) 與 EC meter (Suntex Sc-12，台灣) 測定介質 pH 值及 EC 值 (Wu *et al*. 1994)。

最大保水量、保水特性、真比重、容積比重及孔隙度分析：種植前先將各試驗介質依需要先行泡水、脫水處理後，再依一般種植時之鬆緊度將介質裝填至容器中，每處理 3 重複。進行介質的乾重測定時，將之置於通風的乾燥烘箱 (oven) 中，以 70℃烘乾，使其達恆重後再取出稱重量，即可得介質乾重；用有刻度之 1000-mL 量筒，盛水 500 mL，將烘乾之介質用玻棒壓入水中，振盪 30 分鐘，待介質排出空氣完全吸水後，記錄水位上升刻度，再減去原有水的體積 (500 mL) 即為介質體積。介質最大保水量、保水特性、真比重、容積比重及孔隙度之分析方法如下說明 (Wu *et al.* 1994; Chang *et al*. 2006)：

每盆介質最大保水量 = 吸飽水後的介質重量 − 介質的乾重

單位重介質最大保水量 = (吸飽水後的介質重量 − 介質的乾重)/介質的乾重

保水特性 = 不同時間的介質重量 − (吸飽水後的介質重量 − 介質的乾重)

表 1. 大慧星風蘭各參試介質之成分及其特點

Table 1. The composition and characteristics of fives media for growing *Angraecum sesquipedale*

Medium [z]	Characteristic
Sphagnum moss	High water holding capacity and high nutrient holding capacity, labor-saving management
Artifical textile fiber	High production efficiency, low cost, uniform quality, high water holding capacity and high nutrient holding capacity, labor-saving management, clean
Peat moss : perlite (2 : 1)	High water holding capacity and high nutrient holding capacity, labor-saving management
Bark : tree-fern (2 : 1)	low cost
Bark : tree-fern : satsuma (1 : 1 : 1)	low cost

[z] Sphagnum moss imported from Chile; perlite imported from Indonesia; bark imported from Indonesia; tree-fern imported from Indonesia; satsuma imported from Japan.

介質真比重 (real density) = 介質乾重/介質體積

介質容積比重 (bulk density) = 介質乾重/裝填容積

孔隙度 (%) = 100 (1 − 介質容積比重/介質真比重)

介質對大慧星風蘭植株生育之影響

各介質處理為 5 重複，每重複 6 株，共 30 株，栽培 12 個月後開始定期觀察記錄所有參試植株高度、葉片數、最大葉長、最大葉寬、抽梗日、抽梗率、始花日、開花率、花梗長及花梗最大直徑等。葉面積測量，參考蝴蝶蘭葉面積估算模式 (Lin & Lee 1988)，建立葉面積估算公式為 k × 最大葉片長度 × 最大葉片寬度，k 值為 0.83，檢測 k 值變異，並經迴歸方程式、相關係數等檢定，顯示平均葉面積估值與實際葉面積相近，因此該估算方法所得之 k 值適用於本試驗研究。試驗結束時，將各處理植株地上部及地下部分離，分別量秤鮮重與乾重。

試驗設計採完全逢機設計 (completely randomized design, CRD)，以 COSTAT 6.2 統計軟體 (CoHort Software, USA) 進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 後，並以最小顯著差異分析 (Least significant difference, LSD) 探討各處理間平均值之差異性。

結　果

試驗介質之理化性分析

pH 值：介質的 pH 值測定結果顯示，未經泡水處理之水苔 pH 值最低，僅 3.6，屬酸性介質，每經 1 次泡水處理，介質 pH 值便提高一些。混合介質處理中，樹皮混合蛇木屑及樹皮混合蛇木屑、薩摩石二種介質之 pH 值分別為 5.2 及 5.4，也屬酸性介質。人造纖維及泥炭土混合真珠石處理的 pH 值分別為 7.0 及 6.2，為趨近中性之介質 (表 2)。

EC 值：未經泡水處理之水苔與泥炭土混合真珠石為所有參試介質中 EC 值最高，分別為 0.48 及 0.47 mS/cm。水苔每經 1 次浸泡處理，EC 值便降低，尤以浸泡 1 次者 EC 值下降趨勢最為顯著，水苔經 1 次以上浸泡處理，EC 值較未浸泡者可減少十倍以上，趨近人造纖維所測得之值。另外 2 種混合介質，樹皮混合蛇木屑及樹皮混合蛇木屑、薩摩石二種介質之 EC 值分別為 0.07 及 0.05 mS/cm (表 2)。

表 2. 試驗介質之理化特性分析

Table 2. The physical and chemical characteristics of growing media

Medium [z]	pH	EC (mS/cm)	Porosity (%)	Maximum water holding capacity	
				Per gram (g)	Per pot (g)
Sphagnum moss A	3.60 ± 0.04 h [y]	0.48 ± 0.00 a	—	—	—
Sphagnum moss B	4.30 ± 0.04 g	0.05 ± 0.00 c	—	—	—
Sphagnum moss C	4.70 ± 0.04 f	0.02 ± 0.00 de	89.20 ± 0.37 b	14.80 ± 0.09 a	248.70 ± 3.52 b
Sphagnum moss D	4.90 ± 0.02 e	0.01 ± 0.00 e	—	—	—
Artifical textile fiber	7.00 ± 0.04 a	0.03 ± 0.00 d	92.20 ± 0.64 a	10.70 ± 0.30 b	337.40 ± 6.46 a
Peat moss: Perlite (2 : 1)	6.20 ± 0.02 c	0.47 ± 0.01 a	82.20 ± 1.28 c	3.10 ± 0.02 c	151.30 ± 5.00 c
Bark : Tree-fern (2 : 1)	5.20 ± 0.06 d	0.07 ± 0.00 b	71.40 ± 0.97 d	0.60 ± 0.01 d	40.30 ± 1.25 e
Bark : Tree-fern : Satsuma (1 : 1 : 1)	5.40 ± 0.07 c	0.05 ± 0.00 c	72.20 ± 0.64 d	0.70 ± 0.01 d	82.50 ± 1.70 d

[z] Sphagnum moss A, B, C and D, soaked in reverse osmotic water for 0, 1, 2 and 3 times, respectively.

[y] Values are mean ± SE. Means within each column followed by the same letters indicate no significant difference at 5% level by LSD test.

孔隙度：各參試介質的孔隙度，以人造纖維最高，通氣性最佳，水苔次之，混合介質中泥炭土混合真珠石的孔隙度較水苔低，但其孔隙度是 3 種混合介質中最高者，樹皮混合蛇木屑及樹皮混合蛇木屑、薩摩石二種介質的孔隙度最低 (表 2)。

保水能力：保水能力的評估指標為分析每公克介質乾物重最大保水量、每盆介質最大保水量及試驗期間介質保水特性等 (Chang *et al.* 2006)。以每公克介質乾物重最大保水量而言 (表 2)，以水苔最高，人造纖維次之，樹皮混合蛇木屑及樹皮混合蛇木屑、薩摩石二種處理最低；若以每盆介質之最大保水量而言，則以人造纖維最高，水苔次之，其它依序為泥炭土混合真珠石、樹皮混合蛇木屑、薩摩石及樹皮混合蛇木屑。同時將參試介質置於試驗環境，就各介質之保水特性進行為期 25 天的調查，結果如圖 1 所示，以所有介質吸飽水為基準 (100%)，觀察介質水分含量百分變化。在第 5 天時，各介質在保水特性方面已呈現差異，以人造纖維的水分含量最高，水苔次之，而泥炭土混合真珠石、樹皮混合蛇木屑與薩摩石、樹皮混合蛇木屑處理已失去 50%以上之水分含量。在試驗 10 天內，人造纖維的含水百分率為所有介質中最高者，水苔次之，直至第 20 天時，多數介質的含水百分率已降至非常低。

介質對大慧星風蘭植株生育之影響

使用不同介質成分種植大慧星風蘭植株 9.5–10 個月後，植株由營養生長轉換為生殖生長，各處理陸續有花梗抽出 (圖 2)，以水苔種植者花梗最早出現，而種植 12 個月後抽梗率居所有處理之冠，為 83.3%，其次是人造纖維與泥炭土混合真珠石，植株抽梗率最低者為樹皮混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑及薩摩石處理，抽梗率分別只有 20%及 10% (表 3)。試驗進行 13.5 個月後，水苔種植者植株生長最快且最粗壯，植株高度明顯較其它處理來得高，人造纖維種植者次之，泥炭土混合真珠石、樹皮混合蛇木屑與樹皮混合蛇木屑及薩摩石之處理株高最小，相較於水苔種植者，樹皮混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑及薩摩石之處理，植株也較纖細矮小。葉片數目也以水苔種植者最多，其它依序為人造纖維、泥炭土混合真珠石，以樹皮

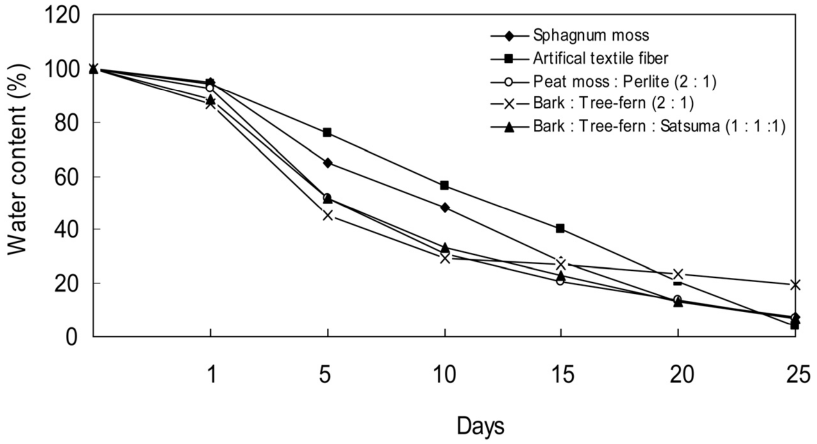


圖 1. 各參試介質保水特性分析。

Fig. 1. The water holding capacity of different growing media.

圖 2. 大慧星風蘭在不同介質中栽培 12 個月後植株之生長表現。自左而右之介質處理，樹皮：蛇木屑：薩摩石 (1 : 1 : 1)、樹皮：蛇木屑 (2 : 1)、泥炭土：真珠石 (2 : 1)、人造纖維、智利水苔。每刻度為 10 cm。

Fig 2. The growth performance of *Angraecum sesquipedale* after growing in different media for 12 months. (left→right) bark : tree-fern : satsuma (1 : 1 : 1), bark : tree-fern (2 : 1), peat moss : perlite (2 : 1), artifical textile fiber, sphagnum moss.

表 3. 在不同介質栽培 13.5 個月後之大慧星風蘭植株營養生長情形

Table 3. The effect of five growing media on vegetative growth of *Angraecum sesquipedale*, 13.5 months after the start of treatments

Medium	Plant height (cm)	Leaf no.	Leaf area [z] (cm^2)	Stalk emergence (%)
Sphagnum moss	26.20 ± 0.71 a [y]	13.40 ± 0.18 a	38.70 ± 0.91 a	83.3
Artifical textile fiber	23.90 ± 0.97 b	12.60 ± 0.32 b	34.40 ± 1.37 b	50.0
Peat moss : perlite (2 : 1)	21.10 ± 0.78 c	11.90 ± 0.32 c	36.80 ± 1.34 ab	53.3
Bark : Tree-fern (2 : 1)	21.90 ± 0.47 c	11.10 ± 0.40 d	33.30 ± 1.35 b	20.0
Bark : Tree-fern : Satsuma (1 : 1 : 1)	20.50 ± 0.50 c	10.60 ± 0.35 d	28.80 ± 1.32 c	10.0

[z] Leaf area = k × leaf blade greatest length × leaf blade greatest width (k = 0.83).
[y] Values are mean ± SE.　Means within each column followed by the same letters indicate no significant difference at 5% level by LSD test.

混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑及薩摩石之處理植株葉片數最少。植株的葉面積以水苔種植者最大，其次是泥炭土混合真珠石處理，人造纖維與之僅有微小差異，樹皮混合蛇木屑及薩摩石之處理植株葉面積最小 (表 3)。

從試驗開始至第一朵花展開 (始花日) 所需日數在各處理間並無顯著差異 (表 4)。栽植 13.5 個月後調查開花率，以水苔種植者最高，人造纖維與泥炭土混合真珠石者次之，樹皮混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑及薩摩石之處理開花率最低 (表 4)。有些花苞在後續發育過程中可能因環境不適合，有部分消苞無法順利開花的情形。在開花品質方面，各處理的植株花梗長度以水苔種植者最長而且花梗較粗，人造纖

維、泥炭土混合真珠石及樹皮混合蛇木屑 3 處理間差異不大，樹皮混合蛇木屑、薩摩石處理者花梗最短也最細。各處理間的花朵數無顯著差異，處理間之最大花朵橫徑並無顯著差異，最大縱徑則以水苔、人造纖維及泥炭土混合真珠石最大，樹皮混合蛇木屑次之，樹皮混合蛇木屑、薩摩石處理最小 (表 4)。

試驗進行 13.5 個月後，地上部鮮重以水苔種植者最高，其次是人造纖維與泥炭土混合真珠石二處理，樹皮混合蛇木屑與樹皮混合蛇木屑、薩摩石處理的地上部鮮重最低；各處理間的地上部乾重調查與地上部鮮重有相同趨勢 (表 5)。在地下部鮮重方面，以水苔種植者地下部鮮重最高，其它依序為人造纖維、泥炭土混合真珠石、樹皮混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑與薩摩石處理；有關地下部的乾重調查，以水苔種植者最高，其它處理間則無顯著性差異 (表 5)。

討　論

商業生產所使用之理想介質必須考慮介質本身之物理性 (介質結構、保水性、透氣性等)、化學性 (pH、EC、有機物質、營養含量、緩衝能力等)、生物性 (雜草種子、病原菌、害

表 4. 不同介質栽培 13.5 個月後對大慧星風蘭植株開花品質之影響
Table 4. The effect of growing media on flower quality of *Angraecum sesquipedale*

Medium	Stalk length (cm)	Stalk diameter (mm)	Flower no.	Flower diameter Width (cm)	Flower diameter Length (cm)	Days to first blooming (d)	Flowering (%)
Sphagnum moss	15.2 ± 0.89 a [z]	4.2 ± 0.13 a	1.4 ± 0.13 a	13.4 ± 0.40 a	12.4 ± 0.30 a	406.4 ± 1.65 a	60.0
Artifical textile fiber	10.2 ± 1.04 ab	3.5 ± 0.15 bc	1.2 ± 0.11 a	13.5 ± 0.36 a	11.6 ± 0.39 a	408.4 ± 2.52 a	30.0
Peat moss : Perlite (2 : 1)	12.3 ± 0.83 ab	3.7 ± 0.07 b	1.1 ± 0.09 a	13.4 ± 0.42 a	12.6 ± 0.41 a	402.8 ± 2.07 a	36.7
Bark : Tree-fern (2 : 1)	9.1 ± 0.60 ab	3.1 ± 0.16 bc	1.0 ± 0.00 a	12.6 ± 1.32 a	11.2 ± 0.77 ab	406.0 ± 1.18 a	6.7
Bark : Tree-fern : Satsuma (1 : 1 : 1)	7.5 ± 0.16 b	2.7 ± 0.29 c	1.0 ± 0.00 a	12.6 ± 1.31 a	9.6 ± 0.46 b	412.3 ± 1.64 a	10.0

[z] Values are mean ± SE. Means within each column followed by the same letters indicate no significant difference at 5% level by LSD test.

表 5. 在不同介質栽培 13.5 個月後對大慧星風蘭植株地上部及地下部鮮重與乾重之影響
Table 5. The effect of growing media on shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight and root dry weight of *Angraecum sesquipedale*

Medium	Fresh weight (g) Shoot	Fresh weight (g) Root	Dry weight (g) Shoot	Dry weight (g) Root
Sphagnum moss	110.60 ± 2.21 a	67.20 ± 1.74 a	21.00 ± 0.50 a	12.70 ± 0.53 a
Artifical textile fiber	90.50 ± 2.71 b	49.60 ± 1.89 b	16.60 ± 0.57 b	10.40 ± 0.28 b
Peat moss : Perlite (2 : 1)	87.90 ± 3.70 b	40.70 ± 3.83 c	16.20 ± 0.44 b	8.80 ± 0.58 b
Bark : Tree-fern (2 : 1)	56.90 ± 2.10 c	32.80 ± 2.30 cd	11.90 ± 0.44 c	8.60 ± 0.54 b
Bark : Tree-fern : Satsuma (1 : 1 : 1)	50.10 ± 2.77 c	26.20 ± 2.02 d	10.10 ± 0.32 c	7.90 ± 0.36 b

[z] Values are mean ± SE. Means within each column followed by the same letters indicate no significant difference at 5% level by LSD test.

蟲等) 及經濟性 (價格、是否容易取得、栽培技術、植物需求、品質穩定性等) (Schmilewski 2008)。而一般蘭花生長偏好保水、透氣性高等特性之介質，據此，本研究採用 5 種栽培介質分別具有保水性佳或通氣性高、常使用於蘭花栽培上等特點 (表 1)。本研究結果顯示，台灣蘭花商業栽培最常使用之水苔，若未經泡水處理，pH 值最低，僅為 3.6 且 EC 值高，其數值為經泡水處理者十倍以上，而經過一次以上的泡水處理，pH 值則可提高至 4.3 以上且 EC 值顯著降低 (表 2)。大多數作物適合生長的 pH 值範圍為 5.5–6.5，為中性偏酸的環境 (Wang *et al*. 2006)。而且當介質 EC 值 > 2.0 mS/cm 時，介質所含的鹽類會影響作物的生長 (Chang 1987)。Wang (1998) 指出，隨著澆水鹽度增加，會使植株提高落葉率、花變小且根鮮重變輕。因此，若以水苔為蘭花栽培介質時，考量成本、時間、人力、植株生長等因素，建議至少先經一次的泡水處理後再使用，若能經二次泡水處理，更可以有效地提升 pH 值，同時可以洗去過多的鹽類。除水苔外，其餘受測栽培介質所測得之 pH 範圍在 4.9–7.0，樹皮混合蛇木屑及樹皮混合蛇木屑、薩摩石二處理與水苔均屬於偏微酸性介質，人造纖維與泥炭土混合真珠石屬於中性或近中性介質，pH 值在理想栽培介質的範圍 (表 2)。EC 值分析結果，除了泥炭土混合真珠石混合介質的 EC 值較高，其餘參試介質鹽類濃度均非常低 (表 2)。在介質的物理特性方面，孔隙度大小為通氣性良好與否的指標，而 Wu *et al*. (1994) 則認為，不同介質的保水力雖然相同，但是保水特性不一定相似，因此，兩者必須一同評估。本試驗的保水特性分析則分為二部分，一為每克乾物重介質及單盆介質所能保有的最大水分含量，二為試驗期間的保水特性評估。參試介質中，以人造纖維的通氣性、單盆的保水量及栽培期間的保水力最大，天然水苔次之，然每克乾物重介質之最大保水量則以水苔大於人造纖維 (圖 1、表 2)。相較於水苔及人造纖維，其它介質的物理特性較不適合做為多數蘭花栽培之介質。

就植株的營養生長及生殖生長綜合表現結果，以水苔栽培的植株表現最佳，且開花率及開花品質皆優於其它介質，人造纖維次之，再其次是泥炭土混合真珠石處理，而以樹皮混合蛇木屑、樹皮混合蛇木屑及薩摩石所栽培的植株生長表現最差，開花率不佳、花朵品質也不理想 (表 3、表 4)。

由上所述，大慧星風蘭對栽培介質 pH 值的適應範圍廣 (經二次泡水處理之天然水苔 pH 值為 4.7，人造纖維 pH 值為 7.0；表 2)，因此介質的保水特性及通氣性應該是影響植株生育良好與否的重要決定因素之一。保水力低之介質，容易缺乏水分，使植株生長受到限制 (Chang *et al*. 2006)，同時也影響保肥力，進而影響植株生育。介質理化特性分析結果，水苔的單位介質乾物重之保水力較人造纖維高，但是人造纖維的通氣性及單盆介質的保水力優於水苔 (表 2)。此外，二介質的營養元素含量亦有所不同，Chang *et al*. (2006) 分析二介質的營養元素含量，人造纖維除了總氮含量高於水苔，其他元素含量仍以水苔較豐富，尤其是植物生長過程中重要之鈣與鎂。同時介質本身的緩衝能力及有益微生物相亦攸關植株生育表現，此外，有機介質的緩衝能力也較無機介質來得高 (Chang 1987)，這些因素都與水苔栽培之植株優於人造纖維者有關，可進一步探討。水苔屬於穩定性高的栽培介質，因此在商業生產上廣受利用，然而其生產地、品系、栽培環境都會影響 pH 值高低及品質優劣，而且隨著人工大量採集，來自天然環境的這些介質終有貧瘠之日，開發水苔以外的材料做為蘭花栽培用為現今趨勢 (Ichihashi 2002; Kohara *et al*. 2004)。以介質本身特性及植株生長表現結果，人造纖維也是一個替代介質的選擇。但須注意

介質本身的可交換性營養元素較水苔含量低 (Chang *et al*. 2006)，可以供給植物養分有限，在肥培管理模式上不能等同以水苔栽培的管理方式，必須重新調整。就另一個角度思考，因為人造纖維更為純淨，容易控制，在肥培管理上如能輔以科學化管理，則可建立一穩定性高、新的栽培管理模式。

Wang (1989) 提及，沒有一樣栽培介質在一種栽培管理下，可以適合所有作物生產，換句話說，相同的栽培介質在不同的管理方式下，或栽培不同作物時，會產生不同結果。蘭花常用介質有數十種之多，因應生產者所處環境、栽培管理模式及作物種類等有所不同。本研究結果顯示，在溫室環境的管理模式下，利用水苔作為栽培介質，配合每週 0.5 g/L 的速效性肥料水澆灌，大慧星風蘭植株生育表現及盆花品質最為理想，可做為栽培模式建議。

引用文獻 (Literature cited)

Black, P. M. 1998. Orchid Growing. Ward Lock press. London. 160 pp.

Chang, C. M. 1987. Soil Science. National Institute for Compilation and Translation Pub. Taipei. 604 pp. (in Chinese)

Chang, G. H., T. E. Dai, S. C. Huang, C. Y. Tsao, W. T. Tsai, F. N. Wang, A. H. Chang, and F. W. How. 2006. Application of artificial textile fiber as growing medium for *Phalaenopsis* cultivation. J. Taiwan Soc. Hort. Sci. 52:71–80. (in Chinese with English abstract)

Huang, T. K. 2004. Guide to Orchids in Class. Taiwan Orchid Growers Association Pub. Taiwan. 319 pp. (in Chinese)

Ichihashi, S. 2002. Management of media and fertilizer. Agric. Hortic. 57:166–169.

Kohara, H., T. Nakagawa, and J. Yamazaki. 2004. Effects of physio-chemical properties of various potting materials on *Phalaenopsis* hybrid cultivation. Jpn. J. Tropic Agric. 48:40–48.

Lin, G. M. and N. Lee. 1988. Leaf area estimation and the effect of temperature on the growth of *Phalaenopsis* leaves. J. Chinese Soc. Hortic. Sci. 34:73–80. (in Chinese with English abstract)

Pridgeon, A. 1992. *Angraecum.* The Illustrated Encyclopedia of Orchids. Timber Press. USA. 304 pp.

Schmilewski, G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media. Mires Peat 3:1–8.

Stern, W. L., K. J. Curry, and W. M. Whitten. 1986. Staining fragrance glands in orchid flowers. Bull. Torrey Bot. Club 113:288–297.

Wang, T. Y. 1989. Construction of a desired growing medium. p.65–75. *in* the Proceedings of the second Congress on Horticultural Production under Structure. TARI Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Wang, Y. T. 1998. Impact of salinity and media on growth and flowering of a hybrid *Phalaenopsis* orchid. HortScience 32:247–250.

Wang, R. C., W. C. Sun, W. J. Hu, C. J. Chen, and W. J. Jing. 2006. Effect of cultural medium on growth and flowering quality of *Oncidium*. Tainan Dist. Agric. Impr. Sta. 47:9–16. (in Chinese with English abstract)

Wu, G. D.,W. H. Chen, J. B. Chen, M. S. Chyou, and Y. Y. Cheng. 1994. Effect of applying nitrogen and organic fertilizer to bagasse medium on growth of *Phalaenopsis*. Rept. Taiwan Sugar Res. Inst. 146: 1–8. (in Chinese)

Whittall, J. B. and S. A. Hodges. 2007. Pollinator shifts drive increasingly long nectar spurs in columbine flowers. Nature 447:706–709.

Study on Growing Media for Growth and Development of *Angraecum sesquipedale*[1]

Rung-Yi Wu[2, 4] and Yen-Hsu Lai[3]

Abstract

Wu, R. Y. and Y. H. Lai. 2010. Study on growing media for growth and development of *Angraecum sesquipedale.* J. Taiwan Agric. Res. 59:219–227.

Angraecum sesquipedale is an epiphytic orchid originated to Madagascar. The species belong to genus *Angraecum* in the fanily Orchidaceae. It is famous for its long spur. The species can be crossed with *Phalaenopsis* in order to improve flower type for increasing ornamental value. No scientific research was found on cultivation for *Angraecum sesquipedale.* In order to obtain more information on cultivation for the species, experiments were conducted to test on five growing media for the growth and flowering of *Angraecum sesquipedale*. The results revealed that the plants were tallest and strongest when grown with sphagnum moss compared with other media. The values on leaves number, leaf area, flowering percentage and flower quality were highest. The plants that grown in both bark mixed tree-fern and bark mixed tree-fern, satsuma grew worst, low flowering percentage and worse flowers quality. Using sphagnum moss as growing medium with 0.5 g/L fertilizer solution every week is recommended for excellent potplant production of *Angraecum sesquipedale*.

Key words: Medium, *Angraecum sesquipedale*.

---

1. Contribution No. 2425 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: Novermber 19, 2010.
2. Assistant Researcher, Floriculture Reasearch Center, TARI, Gukeng, Yulin, Taiwan, ROC.
3. Teacher, National Kangshan Agricultural and Industrial Vocational Senior High School, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: iris12@tari.gov.tw; Fax: (05)5820835.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):228–236 (2010)

‘春豐’桃的育成 [1]

歐錫坤[2] 陸明德[2] 劉明穗[2] 宋家瑋[2,3]

摘　　要

歐錫坤、陸明德、劉明穗、宋家瑋。2010。‘春豐’桃的育成。台灣農業研究 59:228–236。

新品種台農 3 號於 1997 年以‘台農甜蜜’為母本，‘Flordared’為父本進行人工雜交授粉，經 12 年後於 2009 年 10 月取得品種權，商品名稱命名為‘春豐’是早熟豐產的用意，主要特性為：果實發育日數 81–90 天，屬早熟種，盛產期比‘台農甜蜜’早約 7–14 天。平均果重達 143 g，屬大型果，果形圓整對稱，有茸毛，易剝皮，果肉白色，軟溶質。糖度高 (約 11.7°Brix)，酸度低 (約 0.38%)，風味甜，香氣濃。核為離核。需冷量 170 CU (低溫單位)，適合中部平地及淺山坡地區種植。新品種具有母本‘台農甜蜜’之豐產、質優等優點，並導入父本極大果特性。同時彌補‘台農甜蜜’果實不大與‘Flordared’酸度高的缺點。新品種的表現對產業深具發展前途。

關鍵詞：極低需冷量、中早熟、譜系、世系。

前　　言

桃 [*Prunus persica* (L.) Batsch] 為台灣重要經濟落葉果樹之一，據 2008 年農委會農業年報調查平地、低海拔及高海拔的桃種植面積共 2,772 ha，年產量 2.93 萬公噸，產值 12.1 億元新台幣。依據聯合國糧食及農業組織 (FAO) 2008 年網站 (http://faostat.fao.org/site/339/defalt.aspx) 統計資料計算，台灣桃生產面積排名世界第 45 位，產量排名第 35 名。此外 2009 年台灣尚進口 2 萬 6 千多噸的鮮果桃，產值約 14.3 億元，可見台灣面積雖小，消費能力卻不容國際忽視。

台灣地處亞熱帶，山區的落葉果樹栽培利用不同海拔高度來滿足樹體冬天打破休眠的需求。不同海拔高度採用的桃樹品種可依據需冷量的高低而定，在海拔較低的地區栽培美國 Florida 系統，地勢再高時栽培天津及蟠桃品種，最高的山區則應種植白桃、離核及上海水蜜桃等 (Tanaka 1935)。目前台灣桃的分布集中於中部以北的山地，南部及東部較少栽培。依海拔分布而言，大抵分布在海拔 300–2400 m 之山地。如武陵農場海拔 1950 m 適合種植高需冷量 (850 小時上下) 的桃樹品種，諸如川中島白桃 (800 小時)、八幡白鳳 (850 小時) 及大久保 (850 小時) 等 (Ou *et al.* 2000)；拉拉山中海拔 1000–1400 m 地區，適合種植中需冷量 (300–500 小時) 的桃樹品種。至於平地至低海拔地區 (85–500 m) 適合種植低需冷量 (100–250 小時) 的桃樹品種 (Ou & Song 1999)，如‘台農甜

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2426 號。接受日期：99 年 11 月 23 日。
2. 本所作物組研究員兼組長、助理研究員、計畫助理與助理研究員。台灣 台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：cwsong@tari.gov.tw；傳真機：(04)23399544。

蜜’、‘春蜜’、‘夏蜜’或‘春豐’等，如此依不同海拔高度，種植不同需冷量的桃樹品種，掌握「適地適種」的要點，方能確保種植成功，避免不適種所引起的失敗後果。

由於高山水蜜桃的生產易造成土壤侵蝕、土石流與水源污染等問題。為實踐國土保安，農業試驗所多年來積極研發適合平地種植的低需冷量水蜜桃。目前平地發展低需冷量水蜜桃生產事業，經多年來品評改良工作的努力，不論果實大小、品質、風味等已逐漸追趕上高山生產的水蜜桃，再者早 (台農 1 號-‘春蜜’)，中 (‘台農甜蜜’)、晚 (台農 2 號-‘夏蜜’) 熟的品種之推廣可分散產期從 4 月上旬至 6 月下旬，避免量多價跌的現象。目前新品種平地水蜜桃的品種改良已達成低需冷量、大果、低酸、高品質等育種目標，今後將朝向不同果實外觀 (油桃與蟠桃)、不同果肉顏色 (黃色或紅色)，硬肉桃 (如不溶質及硬脆桃等) 與抗流膠病等品種多樣化的目標努力，以促進產業永續發展。

材料與方法

雜交親本

母本‘台農甜蜜’ (‘Premier’) 需冷量 150 CU (chill until, 低溫單位，簡稱 CU)，平均果重 94 g，果實屬中型果。果肉白色、溶質、細緻多汁、離核、含酸量低 (0.52%)，易結果，果實發育日數 76–97 天，屬早中熟種。父本‘Flodared’需冷量 100 CU，果重可達 199 g，屬極大型果。果肉白色帶紅、離核，高酸 (0.91%)、外觀鮮豔，果實發育日數約 88–113 天，屬早中熟種。

實生苗培育與初選

1997 年進行低需冷量品種‘台農甜蜜’為主體與‘Flordared’、‘鶯歌桃’ (‘Yinggetao’) 及‘P101’為親本，進行正反交，計 5 個雜交組合，共培育了 376 株雜交苗。1998 年 4 月採用 1 m × 2 m 的高密度方式，種植於本所果樹育種選拔園。2000 年從雜交後裔中進行初選，將早、中、晚熟、大果、低酸的單株列為入選標準，由‘台農甜蜜’ × ‘Flordared’之雜交組合中選出 ARI 86-45 等初選品系。

品系比較試驗

品系比較試驗採用‘Flordared’、‘台農甜蜜’、‘春蜜’ (台農 1 號)、‘鶯歌桃’及優選雜交後代 ARI 86-45 等 5 個品種 (系) 進行觀察比較，供試品系於 2001 年度進行增殖並定植於本所果園，於 2002–2005 年進行花期、成熟期與果實發育日數等物候期調查，果實性狀比較包括果肉質地、核的黏離、果重、可溶性固形物及酸度 (以蘋果酸為滴定標準) 等，每一品系在田間採逢機方式調查 3 株。

每年 12 月下旬至元月中旬於本所桃品種保存園與優選雜交後代保存園，進行冬天整枝修剪、噴石灰硫磺 (病害防治)，10 天後再噴夏油 (20 倍) 混合大滅松 800 倍 (介殼蟲防治) 後，開始進行開花與果實生育等物候期調查。

區域試驗

花期與果實生長發育期調查：新品系區域試驗以目前產區主要品種‘台農甜蜜’和‘春蜜’為對照品種，於新社鄉 (海拔 400–535 m) 與南投縣名間鄉 (海拔約 400 m) 等處進行區域試驗。2001–2005 年間新品種 (ARI 86-45) 於新社鄉高氏果園進行區域試驗，冬天修剪時期大都在 12 月底至 1 月中、下旬。開花期在修剪後約 20–30 天。名間鄉陳氏果園於 2006–2008 年開始高接試種，並調查花期、採收期、果實發育日數的物候期。

果實品質分析：供試品系的果實品質分析包括：果重、可溶性固形物、酸度及果肉著色程度等。每品系種植 3 株，每株取 10 個果實為一樣品，重複 3 次。

需冷量評估

供試材料為目前農試所育成的品種如台農 1 號‘春蜜’、台農 2 號‘夏蜜’、台農 3 號‘春豐’，種植於農試所品種保存園。調查期間由 1990–

2009 年，每年約在 12 月初完成修剪，進行冬季落葉時期病蟲害的防治。以關鍵栽培種評估本地種需冷量，參考美國佛州大學與德州農工大學所使用的方法，將待測品種與已知低溫需求量的關鍵栽培種比較花期早晚，以評估需冷量。關鍵栽培種的需冷量分別為‘Flordared’ (100 CU)、‘台農甜蜜’ (150 CU) 和‘鶯歌桃’ (180 CU)。另以台灣需冷模式評估新品系需冷量，利用農試所氣象站收集之每小時平均溫度進行計算。低溫累計時期，起點為平均溫度降至 18℃以下 (約在 11 月 10–20 日之間)，此時田間開始落葉。終點以各不同栽培種的完成休眠期 (始花期前 1 週)。比較低於 12.9℃小時數、高需冷量猶他模式、低需冷量油桃模式及臺灣低需冷模式等評估方法計算需冷量。

新品系 (ARI 86-45) 從 2000 年初選後便開始增殖株數以供進行需冷量的評估。評估方法為利用已知低溫需求的‘鶯歌桃’ 180 CU、‘台農甜蜜’ 150 CU 及‘Flordared’ 100 CU 等「關鍵栽培種」，以花期早晚來評估新品種的低溫需求量，方法詳如 Ou (1992)、Ou & Chen (2000)、Byrne & Bacon (1991) 與 Rouse & Sherman (1987) 等所採用的需冷量評估方法。從 2006 年評估至 2008 年共評估 3 年。

結　　果

新品種的育成譜系

新品種的育成譜系如圖 1，其母本‘Premier’為‘Cardeal’與‘15 de Novembro’雜交選拔而來 (Ou & Wen 2003)。父本‘Flordared’為‘Southland’與‘Hawaiian’的雜交後代，經過 4 代的自然授粉選拔而來 (Brooks & Olmo 1970)。新品種於 1997 年人工雜交授粉，2000 年為初選的優選品系，2001–2005 年增殖，以供進行品系觀察與複選，其選拔代號為 ARI 86-45，本文以下簡稱新品種，或稱‘春豐’ (中名)，或‘Chuenfeng’ (英名) 或台農 3 號。

實生苗培育與初選

1997 年以‘台農甜蜜’為主體進行 5 個雜交組合，培育 376 株雜交苗。1998 年 4 月以行株距 2 m × 1 m 的高密度方式種植於本所果樹育種選拔園。2000 年進行初選，將早、中、晚熟、大果、低酸及高產的單株列為入選標準，新品種 ‘春豐’ (台農 3 號) 品系代號 ARI 86-45 首次於 4 月 11–25 日間採收果實，成熟期偏早熟；

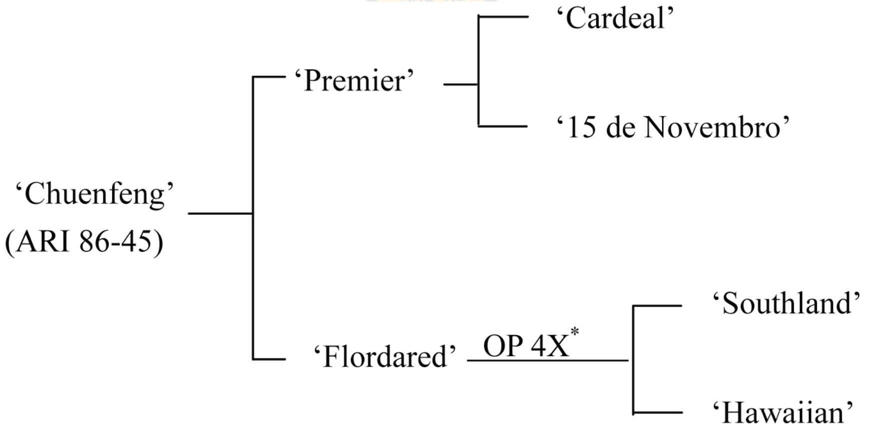


圖 1. 桃新品種‘春豐’ (ARI 86-45) 的譜系。*自然雜交授粉 4 代。

Fig. 1. Pedigree of ‘Chuenfeng’ (ARI 86-45). *Open pollination for 4 generations.

果實圓，離核，平均果重 156 g，最高可達 211 g，果實極大；可溶性固形物最高達 10.9°Brix，酸度 0.51%，味甜，初步結果表現相當突出。

供試品系花期與果實生長發育調查比較

2006 年新品種的物候期調查結果，始花期與親本‘台農甜蜜’ (母本) 相當一致，較‘Flordared’ (父本) 慢 5 天。新品種成熟期為 4 月 25 日至 5 月 23 日。盛產期在 5 月 10 日，較母本早 6 天，較父本晚 1 天。果實發育日數 82–92 天，屬早熟種；母本果實發育日數為 74–96 天，父本 92–94 天 (表 1)。

2007 年新品種的物候期調查結果，始花期與母本同期，但較父本‘Flordared’晚 7 天，盛花期則晚 10 天。新品種的果實盛產期在 5 月 8 日較母本早 13 天，與父本同期。果實發育日數 80–93 天，屬早中熟種 (表 1)。

2008 年新品種的物候期調查結果，始花期與兩親本同為 1 月 30 日，盛花期在 2 月 12 日，與母本同期，較父本慢 8 天。至於果實成熟期的調查，新品種盛產期在 5 月 12 日較母本早 14 天。果實發育日數 91–104 天，屬中熟種 (表 1)。

果實性狀調查與果品分析

供試品系在 2006–2008 年 3 個年度的果實性狀調查與品質分析，2006 年度的調查結果，新品種果肉質地屬溶質，核為離核，果肉白色，平均果重 119 g，最大果重可達 153 g，屬極大果種。酸度 0.40%屬非常低酸的等級 (表 2)。

2007 年果實性狀的調查結果 (表 2)，新品種 3 株共 30 個果實平均果重達 105 g，屬極大果種，較母本‘Premier’的 83 g，重 22 g 左右。可溶性固形物達 11.5°Brix。新品種酸度含量 0.33%，屬非常低酸的等級。

2008 年果實性狀的調查結果，新品種平均果重為 143 g，屬極大果種 (圖 2)，較母本 88 g

表 1. 2006 至 2008 年桃新品種‘春豐’與其雜交親本在農試所的物候期表現

Table 1. Phenological periods for ‘Chuenfeng’ and comparable peach cultivars fruited at TARI from 2006 to 2008

Cultivar and good selection	Bloom date			Harvest date			FDP [z] (d)
	Start bloom	Full bloom	Last bloom	Start harvest	Full harvest	Last harvest	
2006							
‘Premier’	3 Feb.	14 Feb.	1 Mar.	9 May	16 May	23 May	74–96 (E) [y]
‘Flordared’	29 Jan.	3 Feb.	21 Feb.	2 May	9 May	23 May	92–94 (M)
‘Chuenfeng’ [x]	3 Feb.	14 Feb.	21 Feb.	25 Apr.	10 May	23 May	82–92 (E)
2007							
‘Premier’	29 Jan.	16 Feb.	12 Mar.	7 May	21 May	28 May	78–99 (E–M)
‘Flordared’	22 Jan.	6 Feb.	26 Feb.	23 Apr.	8 May	28 May	92 (M)
‘Chuenfeng’	29 Jan.	16 Feb.	3 Mar.	1 May	8 May	21 May	80–93 (E–M)
2008							
‘Premier’	30 Jan.	12 Feb.	19 Feb.	6 May	26 May	9 Jun.	98–112 (M–L)
‘Flordared’	30 Jan.	4 Feb.	19 Feb.	6 May	19 May	2 Jun.	98–105 (M)
‘Chuenfeng’	30 Jan.	12 Feb.	3 Mar.	12 May	12 May	2 Jun.	91–104 (M)

[z] FDP (Fruit development period): from full bloom to first commercial harvest.

[y] Ripening period, VE: Very early ripening, FDP ≦ 65 days; E: Early ripening, FDP ≦ 66–90 days; M: Medium ripening, FDP ≦ 91–115 days; L: Late ripening, FDP ≦ 116–140 days, E–M: Early to medium ripening, M–L: Medium to late ripening (Wang & Lu 1992).

[x] Good selection derived from ‘Premier’ × ‘Flordared’.

表 2. 2006 至 2008 年桃新品種‘春豐’與其雜交親本在農試所的果實性狀比較

Table 2. Performance of fruit characteristics for ‘Chuenfeng’ and comparable peach cultivars fruited at TARI from 2006 to 2008

Cultivar and good selection	Texture	Stone freeness	Fruit wt (g) [z]	Max. fruit wt (g)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%) [y]	Flesh color
2006							
‘Premier’	Melting	Semi-Free	97	144	12.0	0.41	White
‘Flordared’	Melting	Free	127	205	10.9	0.91	White
‘Chuenfeng’ [x]	Melting	Free	119	153	11.1	0.40	White
2007							
‘Premier’	Melting	Semi-Free	83	121	12.8	0.40	White
‘Flordared’	Melting	Free	105	146	11.5	0.86	White
‘Chuenfeng’	Melting	Free	105	154	11.5	0.33	White
2008							
‘Premier’	Melting	Semi-Free	88	156	13.6	0.37	White
‘Flordared’	Melting	Free	133	178	12.5	1.10	White
‘Chuenfeng’	Melting	Free	143	199	12.4	0.42	White

[z] Each value is a mean of 30 fruits, Small: 46–62 g; Small-medium: 63–83 g; Medium: 84–104 g; Large: 105–125 g; Very large over 126 g (Ivascu 1998).
[y] Acidity is calculated as percent malic acid, very low: 0.20–0.40%; low: 0.41–0.60%; medium: 0.61–0.80%; high: 0.81–1.0%; very high: 1.01–1.30%.
[x] Good selection derived from ‘Premier’ × ‘Flordared’.

重 55 g，較父本 133 g 重 10 g，最大果重達 199 g。可溶性固形物新品種之 12.4°Brix。新品種酸度為 0.42%，屬低酸等級。母本‘Premier’屬非常低酸品種，含量為 0.30%，父本‘Flordared’酸度含量高為 1.10%，屬高酸等級 (表 2)。

區域試驗

新品種在 2006–2008 年 3 個年度區域試驗結果顯示：新品種果實圓形，果肉質地屬溶質，核為離核，果肉白色；平均果重 131 g (新社 2 年) 至 135 g (名間 4 年)，最大果重可達 232 g，屬極大果種，較對照品種‘Premier’果實為大 (平均果重 81–83 g)。名間 4 年平均可溶性固形物含量 10.5°Brix，且酸度含量非常低，僅 0.34%，味甜 (表 4)。新品種整體果實重要性狀表現穩定。

圖 2. ‘春豐’桃的果實。

Fig. 2. Fruit of ‘Chuenfeng’ peach.

新品種需冷量評估

在國外桃新品種的命名與推廣，需冷量多寡是必備的性狀之一，便利栽培者的選擇參考，以達成適地適種的基本原則。故新品種從 2006 年開始增殖株數以供進行需冷量的評估。經 4 年 (2006–2009 年) 以 2008 年為例各關鍵栽培種花期早晚，新品種評估的需冷量為 150 CU (圖 3)。以本所開發的台灣需冷模式的評估結果新品種需冷量為 170 CU (表 3)。

討　　論

新品種‘春豐’的遺傳背景

台農 3 號‘春豐’其花粉親為‘Flordared’，以及育成‘Flordared’的母本‘Southland’，此二品種據 Myers *et al.* (1989) 研究報導，皆含有‘Elberta’的遺傳成分。1850 年由美國園藝家 Charles Downing，從上海引進盆栽‘上海水蜜’ (‘Chinese Cling’或稱為‘Shanghaishuimi’)。‘Elberta’是在

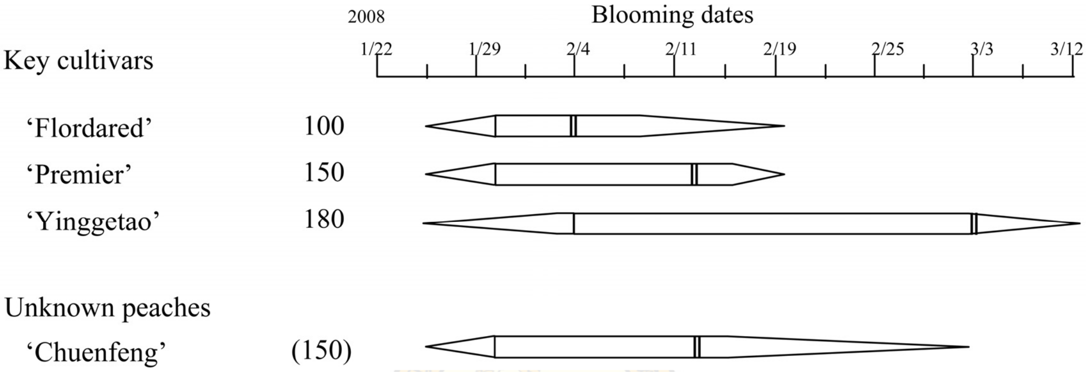


圖 3. 利用已知低溫單位的關鍵栽培種花期早晚來評估本地待測桃樹的需冷量。單一垂直線代表始花期，雙垂直線代表盛花期。

Fig. 3. Evaluated chill units for local peaches based on relative order and blooming data of key cultivars which chill units are known. Single vertical bar represents start blooming, double vertical bar denotes full blooming.

表 3. 以 4 種不同需冷量模式評估低需冷性桃品種於霧峰地區的低溫需求

Table 3. Chill until requirements as estimated by four different chilling models for very low-chill peaches planted at Wufeng, Taichung, Taiwan

Cultivar	No. of year evaluated	Accumulated chill unit (CU)			
		Hours below 12.9℃	High-chill model	Low-chill model	Taiwan Low-chill model
Key cultivars					
‘Flordared’ (100 CU)	19	132.9	-785.2	-76.9	108.8
‘Premier’ (150 CU)	19	174.1	-806.3	-26.1	144.9
‘Yinggetao’ (180 CU)	18	205.3	-824.1	36.8	178.3
Released cultivars					
‘SpringHoney’	14	178.9	-768.1	-2.9	153.9
‘Xiami’	8	189.1	-759.4	7.2	163.3
‘Chuenfeng’	4	197.0	-888.8	18.9	172.0

1870 年種植一批‘Chinese Cling’自然授粉的種子，由實生苗中選拔最佳果實的單株，一般錯誤的拼法為‘Alberta’。由此顯示新品種‘春豐’其遺傳世系可溯及‘上海水蜜’。

在‘Elberta’品種面世後的半個多世紀內，一直是美國桃的主要栽培種，由於‘Elberta’的出現，美國桃產業的發展才有重大的突破。據統計美國利用‘Elberta’及其實生後代‘J. H. Hale’作為育種親本，共選育出 343 個桃新品種，每個新品種更衍生出 1–11 個品種，總共育出 500 個以上的世系 (ancestry) (Myers *et. al*. 1989)。這些育成的品種中，包括現今仍廣泛栽培於世界各地的黃桃、油桃及毛桃等優良品種。

Martinez-gomezp *et al*. (2003) 藉由 DNA 層次之分子標記 (molecular marker) Single Sequence Repeat (SSR) 標記，探討各桃樹品種間彼此親緣關係與種原庫內遺傳歧異程度，其結果顯示参試品種‘上海水蜜’乃係供試材料中最高異質結合體 (heterozygosity) 比例的品種。Cheng (2007) 以 Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) 標記大規模探討桃樹間遺傳親緣關係。其後 Cheng & Huang (2009) 更進一步使用 SSR 標記進行分析，結果均顯示於中國大陸與西方國家桃樹品種改良，‘上海水蜜’皆為主要雜交親本之一，對於近代桃各優良品種之育成，具有程度不一之遺傳貢獻。

需冷量的評估

新品種‘春豐’利用一系列已知低溫需求的關鍵栽培種的花期早晚來評估新品種的低溫需求量，方法詳如 Ou (1992) 及 Ou & Chen (2000)，所得結果為 150 CU (圖 3)。若採用台灣低需冷模式，4 年的低需冷量評估值為 170 CU (表 3)。利用關鍵栽培種花期評估需冷量雖然直接快速，但結果較粗略，不如台灣需冷模式的科學化與精確化。但是需經多年的評估資料累積，且逐年累積需冷量再加以平均，隨著每年評估值的不同而導致總平均值的變動。如在 19 年評估過程中，‘SpringHoney’14 年間的需冷量評估結果約為 150 CU (表 4)，但其第 8 年的需冷量評估結果為 180 CU (Ou & Wen 2003)，會發生前後評估結果不一致的現象。新品種的育成，其需冷量評估宜制式化，如統一以 6 年間的需冷量評估結果為其最終的評估值，方不致造成需冷量的評估結果逐年變動的困擾。

表 4. 2005 至 2008 年新社及名間桃新品種試種果實性狀調查

Table 4. Performance of fruit characteristics for new peach cultivar at Shinshou and Mingjian Township from 2005 to 2008

	2005		2006		2007	2008	Average	
Fruit characteristics	Shinshou	Mingjian	Shinshou	Mingjian	Mingjian	Mingjian	Shin shou (2 yrs)	Mingjian (4 yrs)
‘Chuenfeng’								
Fruit wt (g)	108.4	121.3	153.1	100.5	144.0	160.2	130.8	134.9
Max. fruit wt (g)	173.4	166.4	231.6	125.7	180.5	244.7	202.5	244.7
Soluble solids (°Brix)	9.0	10.6	8.6	10.1	11.2	10.3	8.8	10.5
Acidity (%)	0.59	0.49	0.32	0.31	0.42	0.28	0.46	0.34
‘Premier’								
Fruit wt (g)	90.0	75.3	71.8	92.3	66.6	91.3	80.9	83.4
Max. fruit wt (g)	164.6	93.2	149.0	123.1	93.3	106.9	156.8	123.1
Soluble solids (°Brix)	11.2	11.8	11.2	11.3	10.8	12.2	11.2	11.4
Acidity (%)	0.39	0.42	0.52	0.42	0.50	0.36	0.46	0.42

‘春豐’桃的優缺點

優點：新品種台農 3 號商品名稱‘春豐’是比喻早熟豐產的用意。其需冷量 170 CU 適合台灣中部地區平地與淺山坡地種植。新品種具有母本‘台農甜蜜’優質豐產的優良遺傳，並導入花粉親‘Flordared’大果的特性。最後形成具早熟、大果、質優、豐產及外觀豔麗等諸多優良果實特性的新品種。再者新品種採收時，果皮短絨毛密度高、果皮厚，具有較耐雨水的優勢。發生水傷的程度較母本少。2006–2008 年於新社鄉與名間鄉區域試種期間，發現新品種流膠病發生程度較母本‘台農甜蜜’輕微。

缺點：新品種生長勢強較易徒長，宜加強夏季的修剪工作如摘心、截短與抑制新梢的生長。若枝條過密，通風日照不良，易影響果實品質與糖度表現。較母本‘台農甜蜜’易遭受介殼蟲與二點葉蟎的危害，宜特別留意防治。

引用文獻 (Literature cited)

Brooks, R. M. and H. P. Olmo. 1970. Register of new fruit and nut varieties list 25. HortScience 5:383–390.

Byrne, D. H. and T. A. Bacon. 1991. ‘TexRoyal’, a medium-chilling peach. HortScience 26:1338–1340.

Cheng, Z. 2007. Genetic characterization of different demes in *Prunus persica* revealed by RAPD markers. Sci. Hort. 111:242–247.

Cheng, Z. and H. Huang. 2009. SSR fingerprinting Chinese peach cultivars and landraces (*Prunus persica*) and analysis of their genetic relationships. Sci. Hort. 120:188–193.

Martinez-gomezp, P., S. Arulsekar, D. Potter, and T. M. Gradziel. 2003. An extended interspecific gene pool available to peach and almond breeding as characterized using simple sequence repeat (SSR) markers. Euphytica 131:313–322.

Myers, S. C., W. R. Okie, and G. Lightner. 1989. The ‘Elberta’ peach. Fruit Varieties J. 43:130–138.

Ou, S. K. 1992. Chilling requirements of local peach trees in Taiwan. J. Agric. Res. China 41:251–260. (in Chinese with English abstract)

Ou. S. K. and C. L. Chen. 2000. Estimation of the chilling requirement and development of a low-chill model for local peach trees in Taiwan. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 46:337–350. (in Chinese with English abstract)

Ou, S. K. and C. W. Song. 1999. Performance of low-chill peaches in low-chill area of Taiwan. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 45:317–326. (in Chinese with English abstract)

Ou, S. K. and I. C. Wen. 2003. ‘SpringHoney’ peach. HortScience 38:633–634.

Ou, S. K., M. F. Hwang, C. P. Li, S. J. Lu, and C. W. Song. 2000. The relationship between cultivar’s chilling requirement and planting altitudes of peaches. J. Agric. Res. China 49(3):46–53.

Rouse, R. E. and W. B. Sherman. 1987. ‘TropicSweet’: a freestone peach for subtropical climates. HortScience 22:169–170.

Tanaka S. 1935. Development of moutains and culture of fruit trees. Trop. Hort. 5:317–328.

Breeding of 'Chuenfeng' Peach[1]

Shyi-Kuan Ou[2], Ming-Te Lu[2], Ming-Hui Liu[2], and Chia-Wei Song[2,3]

Abstract

Ou, S. K., M. T. Lu, M. H. Liu, and C. W. Song. 2010. Breeding of 'Chuenfeng' peach. J. Taiwan Agric. Res. 59:228–236.

New peach cultivar Tainung No. 3 was originated from a cross between 'Premier' and 'Flordared' in 1997. After 12 years, plant variety right was granted in October 2010. 'Chuenfeng' peach was named for its early ripening time and high yielding. Fruits ripen ≈ 81 to 90 d after bloom in TARI, and belong to early ripening cultivars. Fruits are large, round-shaped, pubescence, easy peeled, white-fleshed, and melting. Fruit has a desirable soluble solids (11.7°Brix), low titratable acidity (0.38%), sweet, aromatic flavor, and freestone. Trees require 170 chill units (CU) and suitable for lowland areas of central Taiwan. This new cultivar combines both advantages of high yielding with good flesh texture from maternal parent 'Premier' and large fruit trait from pollen parent 'Flordared'. Also, 'Chuenfeng' peach makes improvement on the disadvantages of small fruit size of 'Premier' and high acidity content of 'Flordared'. The performance of 'Chuenfeng' is very promising for low-chill peach industry.

Key words: Very low chilling requirement, Medium early ripening, Pedigree, Ancestry.

1. Contribution No. 2426 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: November 23, 2010.
2. Respectively, Senior Horticulturist and Director, Assistant Horticulturist, Project Assistant, and Assistant Horticulturist, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: cwsong@tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):237–248 (2010)

利用葉綠素螢光與有效授粉估測甜椒之耐熱性[1]

王昭月[2,4] 曾夢蛟[3]

摘 要

王昭月、曾夢蛟。2010。利用葉綠素螢光與有效授粉估測甜椒之耐熱性。台灣農業研究 59:237–248。

葉綠素螢光為光合作用中極敏銳的初級反應，為非破壞性的光合活性評估工具。本研究以 12 個甜椒品系為材料，包含 6 個耐熱的短筒鐘型品系，3 個匈牙利甜椒品系，對照組為感熱型的短筒鐘型甜椒 2 品系與 1 個商業品種，分別探討於適溫 (27/22℃) 與高溫逆境 (33/22℃) 下，光合作用-光化學反應 PSⅡ活性表現。以適溫下生長 8 至 9 週植株，進行葉綠素螢光分析結果，依代表性之 Fv/Fm (PSⅡ光化學最大螢光值) 參數顯示，耐熱品系'C02080'的 PSⅡ光合效能顯著最高。另高溫處理植株經葉綠素螢光分析結果，據代表性的 Fv/Fm 參數顯示，耐熱品系'C02080'與'C00611A'之 PSⅡ效能顯著較高。又利用螢光顯微鏡觀察適溫與高溫下甜椒花朵的授粉能力差異，發現高溫明顯抑制花粉管伸長，但耐熱品系'C02080'與'C00611A'受影響較小；而 33℃高溫下發育的柱頭之受粉能力仍維持正常。鑑於高溫下葉綠素螢光分析與有效授粉檢測呈現一致性結果，故兼具準確與測量簡便的葉綠素螢光分析，應可利用於輔助甜椒田間耐熱性之評估。

關鍵詞：葉綠素螢光、花粉管生長、耐熱、甜椒。

前 言

光合作用是植物的物質轉換與能量代謝關鍵，對環境逆境具有敏銳且直接之反應。高溫逆境明顯影響光合作用活性，其中又以光反應系統 PSⅡ對高溫逆境最為敏感 (Wen *et al.* 2005)。據 Havaux & Gruszecki (1993) 研究，馬鈴薯葉片受高溫 20 分鐘即可偵測得 PSⅡ活性下降之變化。近代光合研究學者相繼利用葉綠素螢光分析，作為光合活性指標，藉由監測葉片葉綠素螢光表現，評估植物對逆境之忍受性，並認同螢光偵測方式是一種兼具快速及非破壞性的光合活性檢測工具 (Chen *et al.* 1995; D'Ambrosio *et al.* 2006; Juneau *et al.* 2005)。Yamada *et al.* (1996) 以葉綠素螢光進行 23 種熱帶果樹的耐熱性研究，發現利用 45℃ 20 分鐘高溫處理，依據其最小螢光值 (Fo)、最大螢光值 (Fm) 與 PSⅡ最大光效能 (Fv/Fm)，可用

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2428 號。接受日期：99 年 11 月 29 日。
2 本所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
3. 國立中興大學園藝學系教授。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：jywang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

於估測耐熱性表現。Sinsawat *et al*. (2004) 發現玉米在 45℃以上的高溫逆境，經葉片螢光分析顯示 PSⅡ最大光效能 (Fv/Fm) 與 PSⅡ有效光量子產量 (ΦPSⅡ) 明顯下降；但非光化學淬熄 (non-photochemical quenching, NPQ) 則明顯上升。Costa *et al*. (2003) 以葉綠素螢光分析菜豆高溫逆境反應，顯示高溫下不耐熱品系之最小螢光值與非光化學淬熄係數 (qN) 有明顯上升趨勢，進一步綜合多種葉綠素螢光分析參數，可作為耐熱品系評估之利用。Weng & Lai (2005) 也利用葉綠螢光分析的 Fo 與 Fv/Fm 參數值，評估熱帶地區 17 種植物 (包含 C3、C4 與 CAM 等類型物種) 之耐熱性。

由於全球氣候暖化，預估至 2100 年部份區域氣溫上升可達 1.5℃以上 (Stainforth *et al.* 2005)，未來作物生產力將面臨極端氣候環境的威脅，因此研究植物耐熱性生理以及提升作物耐熱性，已成為作物育種亟需加強的主題之一。重要茄科蔬菜-甜椒為暖季型作物 (warm season crops)，種子發芽適溫為 25 至 30℃，低於 10℃或高於 35℃環境下，種子無法發芽 (Bosland & Votava 2000)。甜椒栽培適溫為 21℃，日溫範圍適於 23 至 26℃，夜溫則以 18 至 21℃為佳；若日溫超過 33℃或夜溫高於 27℃，皆導致落花或不結果的高溫生理障礙，另低於 15℃夜溫則發生花柱異常肥大與畸形果之低溫傷害 (Rylski & Spigelman 1982; Erickson & Markhart 2002)。Aloni *et al*. (1994) 報告甜椒花器對高溫逆境敏感，低光照合併高溫 (34℃) 環境導致嚴重落花，並且“短筒鐘型”較“匈牙利型”甜椒更為敏感。Reddy & Kakani (2007) 利用分析花粉在高溫 (30–40℃) 活力表現之差異，作為不同地區番椒種原耐熱性之評估。此外，使用螢光顯微鏡觀察植物授粉後花粉管的生長，亦可作為有效授粉之參考 (Kaufmane & Rumpuneh 2002; Mesejo *et al.* 2007; Wang & Li 2006)。

本研究應用兼具敏感性、快速與非破壞性的葉綠素螢光分析方式，探討高溫對甜椒光合活性之影響，另配合螢光顯微鏡進行高溫對甜椒有效授粉差異表現之偵測，期建立多方面之生理指標，提供未來甜椒耐熱性評估之利用。

材料與方法

植物材料與栽培處理

甜椒 (*Capsicum annuum* L.) 12 品系，其中 9 品系引種自亞洲蔬菜研究發展中心，經 93 年至 95 年度 6 個夏秋期作，選拔田間夏季耐熱性與結果表現較優良者，分別為‘C01184’(黃色果)、‘C00947’ (橘色果)、‘C01336’ (黃色果)、‘C05464A’ (青椒)、‘RB 102’ (紅色果)、‘KC 104’ (褐色果) 等 6 個“短筒鐘型”品系 (夏作單果重 54–70 g；單株果數 3–7 果)；以及 3 個“匈牙利”型品系 (夏作單果重 30–35 g；單株果數 10–13 果)，為‘C02080’ (橘紅色果)、‘C00611A’ (橘紅色果)、‘C03338B’ (橘紅色果)；另以夏作結果較差者 (單果重 50 g；單株果數 2 果) 的 2 個“短筒鐘型”品系‘PS 38’(黃色果)、‘TC06979’(橘紅色果)，以及商業品種‘麗妃星’ (‘Beauty Star’ 黃色果) 為對照。上列 12 品系播種於 72 格穴盤，3 週後定植於 9 吋缽置於控溫之精密玻璃溫室 [日溫/夜溫：(27/22 ± 2)℃，自然光照 12–13 小時]，栽培介質為 Bio-Mix：珍珠石：蛭石 = 1：1：1。播種後 42 天 (42 days after sowing, 42 DAS) 植株進入花芽分化期；選取‘C01184’、‘C02080’、‘C00611A’、‘C00947’、‘TC06979’與商業對照品種‘麗妃星’等 6 品系各 4 株，移入高溫生長箱進行高溫處理，處理條件為日溫/夜溫 (33/22 ± 2)℃，光週期 12 小時，照度 300 μmol/m^{2}s，相對溼度 (70 ± 10)%，高溫處理期間為 42 至 62 DAS (花芽分化–盛花期)，並以適溫溫室栽培的 12 品系為對照。

葉綠素螢光反應分析

植物由營養生長進入生殖生長階段，為葉綠素螢光分析之適當生長期 (Karim *et al*. 2003; Georgieva & Lichtenthaler 2006)，故本研究分別於 55 DAS (花芽分化–始花期) 與 62 DAS (盛花期)，進行葉綠素螢光反應分析；另外又於 65 DAS (盛花與幼果發育期，即高溫處理結束後移回適溫 2 天) 與 68 DAS (盛花與幼果發育期，即高溫處理結束移回適溫 6 天)，分別進行第 3、第 4 次之葉綠素螢光反應測定。

本試驗選開花節位 (第 7 片葉) 為螢光分析葉，每一葉片選取 7 個測量點，其中一點接受 20 分鐘之暗馴化 (dark acclimation)，擷取螢光參數 Fo、Fm、Fv/Fm、ΦPSII、qN、Fm'，參考前人研究 (van Kooten & Snel 1990; Xu & Zhou 2006)，各參數分別為 (一) 最小螢光值 Fo (minimal fluorescence) 為經暗馴化後初開啟之最小螢光值。(二) 最大螢光值 Fm (maximal fluorescence) 為經暗馴化後初開啟之最大螢光值。(三) PSII 最大光效能 Fv/Fm (maximal quantum efficiency of PSⅡ photochemistry) 為經暗馴化後 PSII 光化學反應最大螢光有效光量子之螢光值，計算公式為 Fv/Fm = (Fm − Fo)/Fm。(四) PSII 有效光量子產量 ΦPSII 或 yield，計算公式為：ΦPSII = (Fm' − Fs)/Fm' (Fs 即適光下穩定螢光值)。(五) 非光化學淬熄係數 qN (non-photochemical quenching coefficient)，為熱耗散之螢光淬滅。(六) 適光下最大螢光值 Fm' (maximal fluorescence of light-adapted)。

葉綠素螢光反應數值以 SAS 統計分析軟體 (SAS Enterprise Guide 4.1) 進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，以及最小顯著差異性測驗 (least significant difference, LSD) 之統計分析。

螢光顯微鏡觀察適溫、高溫栽培之甜椒花朵授粉能力

葉綠素螢光分析的甜椒 12 品系之對照組，生育期間 (42 至 120 DAS) 種植於適溫溫室 [日溫/夜溫：(27/22 ± 2)℃，自然光照 12 至 13 小時]；高溫處理組 6 品系：'C01184'、'C02080'、'C00611A'、'C00947'、'TC06979'與'麗妃星'，則於花芽分化至成熟期 (42 至 120 DAS) 間，移入高溫生長箱 [日溫/夜溫：(33/22 ± 2)℃]；光週期 12 小時，照度 300 μmol/m^{2}s，相對溼度 (70 ± 10)%。以上進行花朵授粉能力檢測之植株，在 90 至 120 DAS 盛花期間，固定於下午 3 至 4 時針對翌日將開放之花朵，進行蕾期去雄；並於翌日早上 9 至 10 時進行人工授粉，授粉用花粉與雌蕊分別取自溫室與高溫生長箱當日開放之花朵。完成人工授粉後 24 小時，摘取雌蕊進行固定、軟化、染色等，樣品處理如下：(一) 固定：將授粉 24 小時之雌蕊，浸於 FAA 固定液 [37% Formalin : 100% Acetic acid : 80% Ethanol = 1 : 1 : 8 (V/V)]，經隔夜，再以 50%酒精洗 3 次，每次間隔 10 分鐘。(二) 軟化：經固定好之材料，以 3 N NaOH 在 60℃下軟化 15 分鐘，至組織呈橙黃色，再以去離子水沖洗 2 次。(三) 染色：經軟化並沖洗乾淨之材料，置於含 0.1% aniline blue (溶於 0.1N K_3PO_3) 溶液中進行染色，染色時間為 3 小時。(四) 螢光顯微鏡觀察：將染色完成的材料，放在載玻片上，加一滴 0.1% aniline blue，蓋上蓋玻片後施力壓平，即進行螢光顯微鏡 (Axioskop2-plus, Zeiss, DAPI filter) 觀察其花粉管發芽與生長情形，並照相。

結　　果

適溫栽培甜椒 12 品系於 4 個生育期之葉綠素螢光反應

供試 12 個甜椒品系，分別於不同生育時期 (播種後 55、62、65、68 天)，進行葉綠素螢光反應，測量其 Fo、Fm、Fv/Fm、ΦPSII、qN、Fm'等 6 個螢光參數值，經變方分析結果顯示除 Fm'參數外，其餘 5 個葉綠素螢光參數在 12

個不同品系與 4 個生育時期間的主效應，均呈極顯著差異，其中 Fm、ΦPSⅡ與 qN 等 3 個螢光參數在不同品系與生育日數間之交感作用亦顯著或極顯著存在 (表 1)。以不具交感作用的 Fo 與 Fv/Fm 兩個參數，進行 12 個品系之間的光合活性比較，顯示 Fo 螢光參數值以‘C01184’品系明顯最高，相對‘C02080’、‘PS38’、‘C01336’、‘C05464A’、‘TC06979’、‘RB102’與‘KC104’等 7 品系顯著較低，故後者 7 個品系之光合活性較佳。而 Fv/Fm 參數則以‘C02080’與‘RB102’明顯較高，其光合活性也顯著較高。綜合 Fo 與 Fv/Fm 兩個參數螢光參數表現，以‘C02080’與‘RB102’品系之光合活性最佳 (表 2)。

以不具交感作用的 Fo 葉綠素螢光參數分析，獲得光合活性較佳之‘C02080’、‘PS38’、‘C01336’、‘C05464A’、‘TC06979’、‘RB102’與

表 1. 栽培於 27/22℃環境下 12 個甜椒品系的 4 個生育期葉片之 6 種葉綠素螢光參數之變方分析

Table 1. ANOVA of the 6 leaves' chlorophyll fluorescence parameters of 4 growth days of 12 sweet pepper genotype plants grown under 27/22℃ (day/night)

Source of variation	df	Mean squares of different parameters [z]					
		Fo	Fv/Fm	Fm	ΦPSⅡ	qN	Fm'
Replication	2	0.00079*	0.00024*	0.00106	0.00091	0.00026	0.05645
Growing time (T)	3	0.00367**	0.00769**	0.13956**	0.09360**	0.00336**	0.15123
Genotype (G)	11	0.00312**	0.00038**	0.05488**	0.00410**	0.00092**	0.04898
T × G	33	0.00025	0.00009	0.00538**	0.00309**	0.00067**	0.06503
Error	96	0.00023	0.00007	0.00277	0.00041	0.00016	0.06141

[z] Fo: Minimal fluorescence; Fv/Fm: Maximal quantum efficiency of PSⅡ photochemistry; Fm: Maximall fluorescence; ΦPSII: Effective quantum yield of PSII reaction centers; qN: non-photochemical quenching coefficient; Fm': Maximal fluorescence of light-adapted.

*, ** significant at 5% and 1% level, respectively.

表 2. 栽培於 27/22℃環境下 12 個甜椒品系葉片之 Fo 與 Fv/Fm 葉綠素螢光參數之比較

Table 2. Comparison of the leaves' chlorophyll fluorescence of Fo and Fv/Fm among 12 genotypes of sweet pepper plants grown under 27/22℃ (day/night)

Genotype	Fo	Fv/Fm
C01184	0.340 ± 0.007 a [z]	0.789 ± 0.004 cd
C02080	0.285 ± 0.005 d	0.804 ± 0.004 a
PS38	0.295 ± 0.010 cd	0.788 ± 0.007 de
C00611A	0.317 ± 0.005 b	0.792 ± 0.003 bcd
C00947	0.309 ± 0.005 b	0.787 ± 0.005 de
C03338B	0.307 ± 0.004 bc	0.790 ± 0.005 cd
C01336	0.294 ± 0.004 d	0.789 ± 0.004 cd
C05464A	0.288 ± 0.004 d	0.796 ± 0.004 bc
TC06979	0.287 ± 0.002 d	0.789 ± 0.004 cde
RB102	0.290 ± 0.005 d	0.800 ± 0.003 ab
KC104	0.296 ± 0.003 cd	0.789 ± 0.005 cd
Beauty Star	0.314 ± 0.003 b	0.782 ± 0.005 e

[z] Values are Mean ± standard error (n = 12). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

‘KC104’等 7 品系 (表 2)，進一步比較 4 個生育時期之差異，其中‘C02080’、‘PS38’與‘TC06979’等 3 品系在 4 個生育期之葉綠素螢光無顯著差異，而‘C01336’、‘C05464A’、‘RB102’與‘KC104’等 4 品系則以 62 DAS 明顯較低，而 65 DAS 光合活性明顯較高 (表 3)。另以不具交感作用的 Fv/Fm 葉綠素螢光參數，獲得光合活性較高之‘C02080’、‘C05464A’與‘RB102’三品系 (表 2)，比較 4 個生育時期的差異，顯示 62 DAS 的光合活性顯著最低，但 65 DAS 光合活性顯著較高 (表 4)。

適溫栽培甜椒 12 品系花朵授粉能力之比較

甜椒 12 品系自開花期至成熟期間 (90 至 120 DAS) 栽培於適溫溫室 [日溫/夜溫：(27/22 ± 2)℃，自然光照 12 至 13 小時]，以螢光顯微鏡觀察柱頭上花粉發芽與花粉管生長，顯示短筒鐘型甜椒除‘C01336’品系外，其餘‘C00947’、‘C01184’、‘PS38’、‘TC06979’、‘RB102’、‘C05464A’、‘KC104’與‘麗妃星’8 品系的花粉發芽與花粉管生長活力均良好；而匈牙利型甜椒除‘C03338B’品系外，‘C02080’與‘C00611A’品系的花粉發芽與花粉管生長活力亦優良 (圖 1)。

高溫處理甜椒 6 品系於 4 個生育期之葉綠素螢光反應

接受 33/22℃ (42 至 62 DAS) 高溫處理的甜椒 6 品系，分別於 4 個生育時期 (播種後 55、62、65、68 天) 進行葉綠素螢光反應，測量 Fo、Fm、Fv/Fm、ΦPSII、qN、Fm’等 6 個螢光參數值，經變方分析結果：除 qN 參數在供試 6 品系之間不具顯著性差異外，其餘 5 個葉綠素螢

表 3. 栽培於 27/22℃環境下不同甜椒品系在 4 個生育天數的 Fo 葉綠素螢光參數之比較

Table 3. Comparison of the leaves’ Fo chlorophyll fluorescence among four growth days of 7 genotypes of sweet pepper plants grown under 27/22℃ (day/night)

Days after sowing	Genotype						
	C02080	PS38	C01336	C05464A	TC06979	RB102	KC104
55	0.283 ± 0.008 a [z]	0.293 ± 0.006 a	0.294 ± 0.000 ab	0.279 ± 0.010 b	0.285 ± 0.005 a	0.286 ± 0.006 b	0.291 ± 0.005 ab
62	0.301 ± 0.009 a	0.312 ± 0.039 a	0.307 ± 0.007 a	0.306 ± 0.005 a	0.290 ± 0.003 a	0.310 ± 0.010 a	0.305 ± 0.003 a
65	0.279 ± 0.013 a	0.274 ± 0.007 a	0.281 ± 0.006 b	0.279 ± 0.005 b	0.286 ± 0.003 a	0.277 ± 0.010 b	0.287 ± 0.005 b
68	0.279 ± 0.004 a	0.301 ± 0.011 a	0.295 ± 0.006 ab	0.287 ± 0.007 ab	0.287 ± 0.006 a	0.287 ± 0.002 ab	0.300 ± 0.003 ab

[z] Values are Mean ± standard error (n = 3). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

表 4. 栽培於 27/22℃環境下不同甜椒品系在 4 個生育天數的 Fv/Fm 葉綠素螢光參數之比較

Table 4. Comparison of the leaves’ Fv/Fm chlorophyll fluorescence among 4 growth days of 3 genotypes of sweet pepper plants grown under 27/22℃ (day/night)

Days after sowing	Genotype		
	C02080	C05464A	RB102
55	0.801 ± 0.002 ab	0.796 ± 0.003 a	0.792 ± 0.002 c
62	0.788 ± 0.008 b	0.776 ± 0.005 b	0.784 ± 0.002 d
65	0.815 ± 0.002 a [z]	0.808 ± 0.004 a	0.811 ± 0.001 a
68	0.810 ± 0.003 a	0.802 ± 0.003 a	0.803 ± 0.003 b

[z] Values are Mean ± standard error (n = 3). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

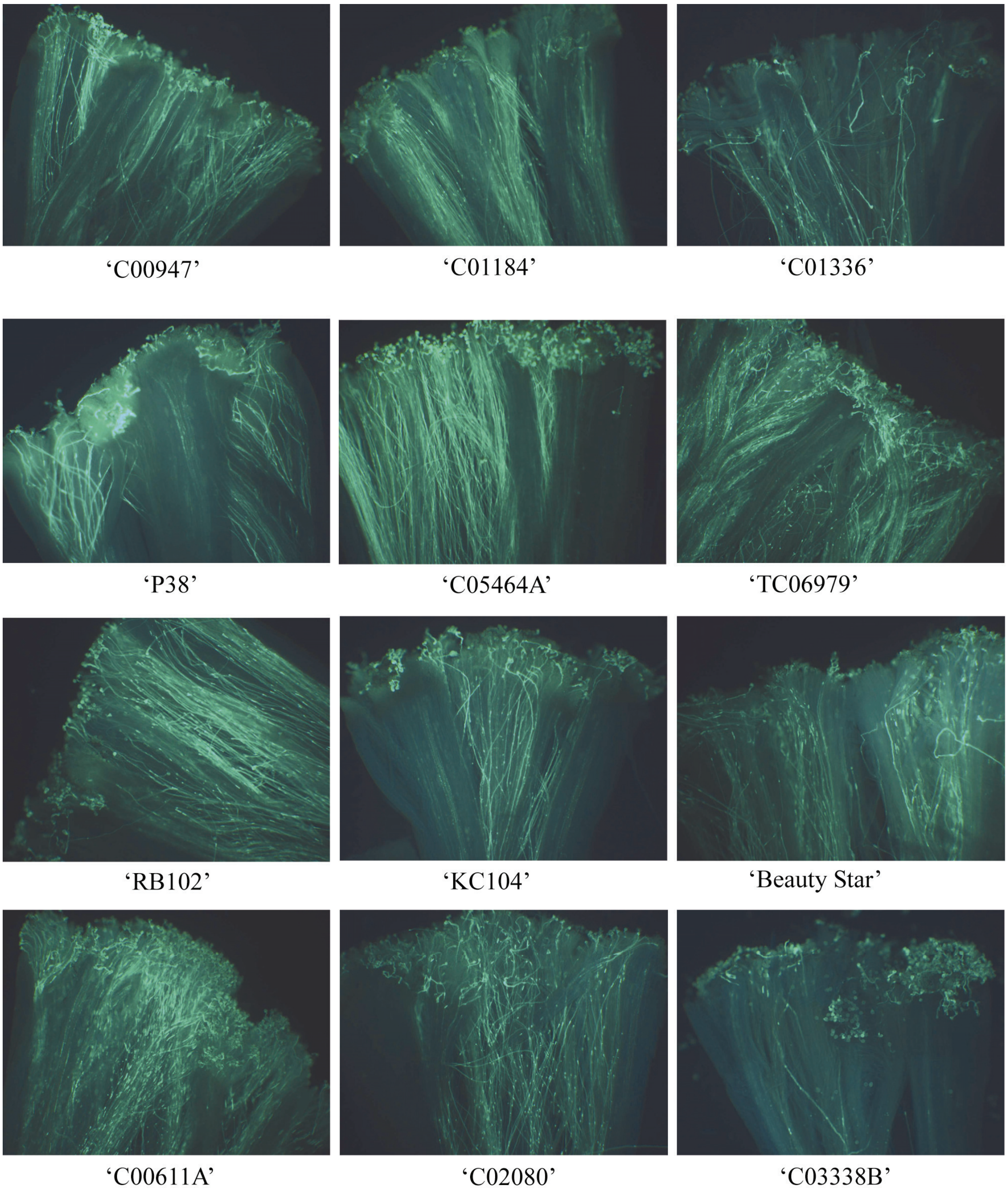


圖 1. 螢光顯微鏡觀察 12 個甜椒品系於授粉 24 小時後，柱頭上的花粉發芽與花粉管生長情形。

Fig. 1. Pollen germination and pollen tube growth were investigated by fluorescent microscopy after 24 h pollination within 12 lines of bell pepper (Both pistil and pollen grains were derived from plants growing at 27/22℃ regime).

光參數在 6 個不同品系與 4 個生育時期間的主效應，均呈極顯著差異，其中 ΦPSⅡ與 Fm'兩個螢光參數在不同品系與生育日數間之交感作用亦極顯著存在 (表 5)。以不具交感作用的 Fo、Fv/Fm 與 Fm 等 3 個參數，進行 6 個品系的光合活性比較，顯示 Fo 螢光參數值以'C01184'品系明顯最高，'C02080'與'TC06979'品系顯著較低，故後者 2 個品系之光合活性較佳；Fv/Fm 參數以'C02080'與'C00611A'顯著較高；Fm 參數則以'C01184'與'C00611A'顯著較高。綜合 Fo、Fv/Fm 與 Fm 等 3 個螢光參數表現，以'C02080'與'C00611A'品系之光合活性最佳 (表 6)。

依不具交感作用的 Fo 葉綠素螢光參數分析，獲得光合活性較佳的'C02080'、'TC06979'與'C00947' (表 6)，再比較 4 個生育時期 (播種後 55、62、65、68 天) 差異，顯示前 2 個品系之 Fo 螢光參數顯著隨生育日數提高，其中'C02080'在 65 天與 68 天顯著較高，'TC06979'則在 68 天顯著較高；而'C00947'在不同生育日期間沒有顯著差異 (表 7)。又以不具交感的 Fv/Fm 葉綠素螢光參數分析，獲得光合活性較高的'C02080'、'C0611A'與'C00947'三品系 (表 6)，經比較 4 個生育時期的差異，顯示三品系皆以 65 DAS 光合活性顯著較高 (表 8)。另以不具交感的 Fm 葉綠素螢光參數分析，獲得光合活性較佳之'C01184'、'C00611A'與'C02080'

表 5. 栽培於 33/22℃環境下 6 個甜椒品系的 4 個生育期葉片之 6 種葉綠素螢光參數之變方分析

Table 5. ANOVA of the 6 leaves' chlorophyll fluorescence parameters of 4 growth days of 6 sweet pepper genotypes plants grown under 33/22℃ (day/night)

		Mean squares of different parameters [z]					
Source of variation	df	Fo [z]	Fv/Fm	Fm	ΦPSⅡ	qN	Fm'
Replication	2	0.00003	0.00011*	0.00408	0.00307*	0.00088	0.00084*
Growing time (T)	3	0.00144**	0.00088**	0.08876**	0.05511**	0.00707**	0.02961**
Genotype (G)	5	0.00087**	0.00013**	0.02279**	0.00993**	0.00010	0.00418**
T × G	15	0.00011	0.00003	0.00104	0.00315**	0.00086*	0.00065**
Error	48	0.00006	0.00003	0.00218	0.00080	0.00040	0.00022

[z] Fo: Minimal fluorescence; Fv/Fm: Maximal quantum efficiency of PSⅡ photochemistry; Fm: Maximall fluorescence; ΦPSII: Effective quantum yield of PSII reaction centers; qN: non-photochemical quenching coefficient; Fm': Maximal fluorescence of light-adapted.

*, ** significant at 5% and 1% level, respectively.

表 6. 栽培於 33/22℃環境下 6 個甜椒品系葉片之 Fo、Fv/Fm 與 Fm 葉綠素螢光參數之比較

Table 6. Comparison of the leaves' chlorophyll fluorescence of Fo, Fv/Fm and Fm among 6 genotypes of sweet pepper plants grown under 33/22℃ (day/night)

Genotye	Fo	Fv/Fm	Fm
C01184	0.297 ± 0.003 a [z]	0.801 ± 0.002 c	1.493 ± 0.023 a
C02080	0.276 ± 0.003 cd	0.808 ± 0.001 a	1.440 ± 0.021 bc
C00611A	0.284 ± 0.004 b	0.806 ± 0.002 ab	1.465 ± 0.021 ab
C00947	0.283 ± 0.002 bc	0.803 ± 0.002 bc	1.433 ± 0.021 c
TC06979	0.272 ± 0.003 d	0.801 ± 0.003 c	1.365 ± 0.022 d
Beauty Star	0.283 ± 0.004 b	0.800 ± 0.003 c	1.417 ± 0.024 c

[z] Values are Mean ± standard error (n = 12). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

(表 6)，進一步比較 4 個生育時期之差異，顯示 Fm 螢光參數隨生育日數有提高趨勢，三品系在 65 天、68 天之螢光值顯著高於 55 天者 (表 9)。

高溫處理甜椒 6 品系花朵授粉能力之比較

甜椒 6 品系自花芽分化至成熟期間 (42 至 120 DAS)，栽培於 33/22℃高溫結果，'TC06979' 品系無法開花，其餘'C01184'、'C02080'、'C00611A'、'C00947'與'麗妃星' 5 品系自 90 DAS 進入開花期。開花期間上述 5 品系之花朵，經人工授粉與螢光顯微鏡觀察顯示，以適溫 (27/22℃) 發育花粉授粉至 33/22℃高溫發育之柱頭上，其花粉皆可正常發芽與生長 (圖 2A)；

表 7. 栽培於 33/22℃環境下不同甜椒品系在 4 個生育天數的 Fo 葉綠素螢光參數之比較

Table 7. Comparison of the leaves' Fo chlorophyll fluorescence among 4 growth days of 3 genotypes of sweet pepper plants grown under 33/22℃ (day/night)

Days after sowing	Genotype		
	C02080	TC06979	C00947
55	0.264 ± 0.006 b [z]	0.268 ± 0.001 b	0.282 ± 0.004 a
62	0.269 ± 0.003 b	0.271 ± 0.002 b	0.281 ± 0.008 a
65	0.283 ± 0.001 a	0.261 ± 0.006 b	0.282 ± 0.004 a
68	0.289 ± 0.004 a	0.287 ± 0.001 a	0.286 ± 0.005 a

[z] Values are Mean ± standard error (n = 3). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

表 8. 栽培於 33/22℃環境下不同甜椒品系在 4 個生育天數的 Fv/Fm 葉綠素螢光參數之比較

Table 8. Comparison of the leaves' Fv/Fm chlorophyll fluorescence among 4 growth days of 3 genotypes of sweet pepper plants grown under 33/22℃ (day/night)

Days after sowing	Genotype		
	C02080	C00611A	C00947
55	0.805 ± 0.001 b [z]	0.801 ± 0.004 b	0.794 ± 0.002 c
62	0.808 ± 0.001 b	0.808 ± 0.002 ab	0.801 ± 0.003 bc
65	0.814 ± 0.001 a	0.815 ± 0.002 a	0.813 ± 0.001 a
68	0.804 ± 0.003 b	0.802 ± 0.003 b	0.802 ± 0.003 b

[z] Values are Mean ± standard error (n=3). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

表 9. 栽培於 33/22℃環境下不同甜椒品系在 4 個生育天數的 Fm 葉綠素螢光參數之比較

Table 9. Comparison of the leaves' Fm chlorophyll fluorescence between 4 growth days of 3 genotypes of sweet pepper plant grown under 33/22℃ (day/night)

Days after sowing	Genotype		
	C02080	C00611A	C01184
55	1.356 ± 0.032 b [z]	1.377 ± 0.022 b	1.400 ± 0.048 b
62	1.402 ± 0.009 b	1.450 ± 0.036 ab	1.470 ± 0.033 ab
65	1.526 ± 0.011 a	1.520 ± 0.014 a	1.564 ± 0.017 a
68	1.476 ± 0.007 a	1.511 ± 0.036 a	1.537 ± 0.012 a

[z] Values are Mean ± standard error (n = 3). Means followed by the same letters within each column are not significantly different at 5% level.

但高溫 (33/22℃) 發育之花粉授粉至適溫 (27/22℃) 發育柱頭上，其花粉發芽與花粉管生長活力，明顯低於正常花粉 (圖 2B)，其中又以短筒鐘型甜椒‘C01184’、‘C00947’與‘麗妃星’的花粉管生長最差；但匈牙利型甜椒‘C02080’與‘C00611A’二品系影響較小，仍具有相當之花粉發芽與花粉管之生長能力 (圖 2)。

討　論

甜椒由播種至果實採收的生育期間約 100 至 120 天，尤其彩色甜椒須再加 1 個月的果實轉色期，故為栽培期較長之蔬菜作物；若以田間果實產量作為選種指標，需要耗費較高之人、物力成本。本研究利用葉綠素螢光反應進行光合活性分析結果，Fo、Fv/Fm、Fm 與 ΦPSⅡ 四個參數值不論在對照適溫 (27/22℃) 或經 33/22℃高溫處理，分析對應不同生育日數與品種間之螢光反應值，均呈現顯著差異，其中 Fo、Fv/Fm 二參數，在生育日數與品種間不具交感作用，而本試驗目的為輔助耐熱品系之篩選，以建立準確與簡便之生理指標，故 Fo 與 Fv/Fm 應為較合宜之參數，此結果與多位前學者 (Costa *et al*. 2003; Sinsawat *et al*. 2004; Wen *et al*. 2005) 亦有吻合之處。探究 Fo 與 Fv/Fm 螢光參數，皆來自經過暗馴化處理 (依作物特質，約 5–20 分鐘) 之螢光反應，此為光反應開啟之最小螢光值 (Fo)，以及 PSⅡ光化學反應之最大螢光值 (Fv/Fm)，實已具備光反應啟始之一致性與穩定性特質。

另為探討較合宜之葉綠素螢光分析時期，本研究結果顯示，不同生育階段之葉綠素螢光反應，依不同螢光參數呈現差異，且多數具極顯著之差異 (表 1、表 5)。以不具交感作用的 Fo 與 Fv/Fm 參數而言，不論適溫組 (27/22℃) 或經 33/22℃高溫處理組，皆以播種後 65 天的光合活性最高；但光合活性最低的時期則各不相同，適溫環境下以播種後 62 天的光合活性最低，而 33/22℃ 高溫處理組則以播種後 55 天或 68 天的光合活性最低 (表 3、表 4、表 7、表 8)。植物學者 (Karim *et al*. 2003) 曾指出，植物由營養生長進入生殖生長階段適合光合效能評估，此時是植物對溫度最敏感的階段，易於呈現溫度逆境造成之生理障害，尤其針對溫度敏感型物種，此時期之光合活性明顯下降，而相對於有耐熱性或耐逆境潛力之植物，則呈現穩定或小幅度之變化。據本研究結果，播種後 65 天應該是測定品種間光合活性差異，較為穩定之時期。

利用螢光顯微鏡觀察高溫逆境下不同品系甜椒的有效授粉表現，顯示高溫對雌蕊的受粉能力影響較小，但高溫明顯降低花粉活力，尤其耐熱性不佳的品系，透過螢光顯微鏡觀察結果，花粉發芽率或花粉管生長數量均顯著降低 (圖 2)，此現象與 Erickson & Markhart (2002) 研究結果相似。此外，據 Aloni *et al*. (1994) 研究發現，高日溫造成甜椒嚴重落花，且以短筒鐘型甜椒 (bell type) 較匈牙利型 (paprika type) 更為敏感，其中短筒鐘形甜椒於 34℃落花率最高，而匈牙利甜椒則提高至 42℃。綜合本研究結果，經高溫植株利用葉綠素螢光分析與有效授粉檢測，一致性以‘C02080’與‘C00611A’品系表現最好，此二品系亦為 paprika type 之甜椒。然目前甜椒商業栽培種幾乎全為“短筒鐘型”，不具耐熱特質，筆者經測試 paprika type 與 bell type 可以成功雜交 (此試驗結果未列於本文)，未來甜椒耐熱性育種改良上，可考慮將 paprika type 優良耐熱性，導入經濟栽培的 bell type，作為耐熱品種選育之親本，加速彩色甜椒耐熱選種之效益。

誌　謝

本研究承蒙 AVRDC 世界蔬菜中心種子庫提供番椒種原種子，謹此致謝。

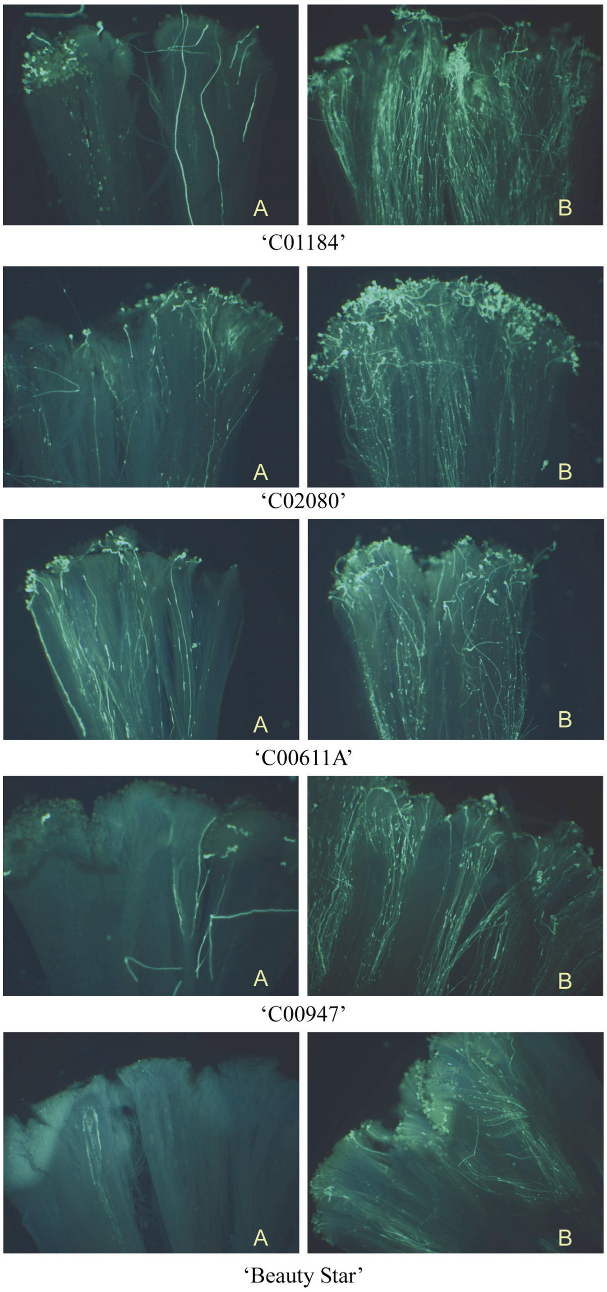


圖 2. 螢光顯微鏡觀察 5 個甜椒品系授粉後 24 小時在柱頭上的花粉發芽與花粉管生長情形。

Fig. 2. Pollen germination and pollen tube growth were investigated by fluorescent microscopy after 24 h pollination within 5 lines of bell pepper. (A: The pistil and pollen grains were derived from plants growing at 27/22℃ and 33/22℃, respectively. B: The pistil and pollen grains were derived from plants growing at 33/22℃ and 27/22℃, respectively).

引用文獻 (Literature cited)

Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, Y. Riov, M. Huberman, and R. Goren. 1994. The susceptibility of pepper (*Capsicum annuum*) to heat induced flower abscission: Possible involvement of ethylene. J. Hort. Sci. 69:923–928.

Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Taxonomy, pod type and genetic resources. p.14–39. *in*: Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. (Bosland, P. W. and E. J. Votava, eds.) CABI press. Wallingford, UK.

Chen, Y., X. Li, L. Xia, and J. Guo. 1995. The application of chlorophyll fluorescence technique in the study of responses of plants to environmental stresses. J. Trop. Subtrop. Bot. 3:79–86. (in Chinese with English abstract)

Costa, E. S., R. Bressan-Smith, J. G. Oliveira, and E. Campostrini. 2003. Chlorophyll a fluorescence analysis in response to excitation irradiance in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) submitted to high temperature stress. Photosynthetica 41:77–82.

D'Ambrosio, N., C. Arena, and A. V. De Santo. 2006. Temperature response of photosynthesis, excitation energy dissipation and alternative electron sinks to carbon assimilation in *Beta vulgaris* L. Env. Exp. Bot. 55:248–257.

Erickson, A. N. and A. H. Markhart. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant Cell Environ. 25:123–130.

Georgieva, K. and H. K. Lichtenthaler. 2006. Photosynthetic response of different pea cultivars to low and high temperature treatments. Photosynthetica 44:569–578.

Havaux, M. and W. I. Gruszecki. 1993. Heat and light induced chlorophyll a fluorescence changes in potato leaves containing high or low levels of the carotenoid zeaxanthin: indications of a regulary effect of zeaxanthin on thylakoid membrane fluidity. Photochem. Photobiol. 58:607–614.

Juneau, P., B. R. Green, and P. J. Harrison. 2005. Simulation of Pulse-Amplitude-Modulated (PAM) fluorescence: Limitations of some PAM-parameters in studying environmental stress effects. Photosynthetica 43:75–83.

Karim, A., H. Fukamachi, and T. Hidaka. 2003. Photosynthetic performance of *Vigna radiate* L. leaves developed at different temperature and irradiance levels. Plant Sci. 164:451–458.

Kaufmane, E. and K. Rumpunen. 2002. Pollination, pollen tube growth and fertilization in *Chaenomeles japonica* (*Japanese quince*). Sci. Hort. 94:257– 271.

Mesejo, C., A. Martinez-Fuentes, C. Reig, and M. Agusti. 2007. The effective pollination period in 'Clemenules' mandarin, 'Owari' Satsuma mandarin and 'Valencia' sweet orange. Plant Sci. 173:223–230.

Reddy, K. R. and V. G Kakani. 2007. Screening *Capsicum* species of different origins for high temperature tolerance by in vitro pollen germination and pollen tube length. Sci. Hort. 112:130–135.

Rylski, I. and M. Spiglman. 1982. Effects of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. Sci. Hort. 17:101–106.

Sinsawat, V., J. Leipner, P. Stamp, and Y. Fracheboud. 2004. Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (*Zea mays* L.) grown at control or high temperature. Env. Exp. Bot. 52:123–129.

Stainforth, D., T. Aina, C. Christensen, M. Collins, N. Faull, D. frame, J. Kettleborough, S. Knight, A. Martin, J. M. Murphy, C. Piani, D. Sexton, L. A. Smith, S. Spicer, A. Thrope, and M. Allen. 2005. Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases. Nature 433: 403–406.

van Kooten, O. and Jam F. H. Snel. 1990. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. Photosynth. Res. 25:147–150.

Wang, L. J. and S. H. Li. 2006. Thermotolerance and related antioxidant enzyme activities induced by heat acclimation and salicylic acid in grape (*Vitis vinifera* L.) leaves. J. Plant Growth Regul. 48: 137–144.

Wen, X., N. Qiu, Q. Lu, and C. Lu. 2005. Enhanced thermotolerance of photosystem II in salt-adapted plants of the halophyte *Artemisia anethifolia*. Planta 220:486–497.

Weng, J. H. and M. F. Lai. 2005. Estimating heat tolerance among plant speciesby two chlorophyll fluorescence parameters. Photosynthetica 43:439– 444.

Xu, Z. Z. and G. S. Zhou. 2006. Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. Planta 224:1080–1090.

Yamada, M., T. Hidaka, and H. Fukamachi. 1996. Heat tolerance in leaves of tropical fruit crops as measured by chlorophyll fluorescence. Sci. Hort. 67:39–48.

Heat Tolerance Evaluation of Sweet Pepper by Chlorophyll Fluorescence Assessment and Effective Pollination[1]

Jau-Yueh Wang[2,4] and Menq-Jiau Tseng[3]

Abstract

Wang, J. Y. and M. J. Tseng. 2010. Heat tolerance evaluation of sweet pepper by chlorophyll fluorescence assessment and effective pollination. J. Taiwan Agric. Res. 59:237–248.

Chlorophyll fluorescence is a subtle reflection of primary photosynthesis reaction; it is a non-invasive method for estimating the photosynthesis performance. The photosynthetic activities of 12 lines of sweet pepper were investigated under suitable temperature (27/22℃) and high temperature (33/22℃) environments. These were six heat tolerant lines of bell type and three paprika types, and heat susceptible lines of two bell types and one commercial cultivar. At suitable temperature regime, the heat tolerant lines of 'C02080 'and 'RB102' showed higher efficiency of PSⅡ among 12 lines based on the chlorophyll fluorescence parameters of Fv/Fm (Maximal quantum efficiency of PSⅡ photochemistry). While under high temperature, the heat tolerant lines of 'C02080' and 'C00611A' had better efficiency of PSⅡ by Fv/Fm parameters. Furthermore, the observations through fluorescence microscope revealed that high temperature stunted pollen tube growth except heat tolerant lines of 'C02080' and 'C00611A', while all stigmatic receptivity remained unaffected. In summary, both of chlorophyll fluorescence analysis and effective pollination elucidated showed that 'C02080' and 'C00611A' had better performance under heat stress. From these consistent physiological estimations, it suggested that chlorophyll fluorescence analysis would be benefit as a convenient method for heat tolerance evaluation in field for sweet pepper.

Key words: Chlorophyll fluorescence, Pollen tube growth, Heat tolerance, Sweet pepper.

---

1. Contribution No. 2428 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: November 29, 2010.
2. Assistant Horticulturist, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Horticulture Science, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: jywang@tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):249–260 (2010)

東方果實蠅大面積區域防治效果評估模式研究-台東地區釋迦果園測試[1]

高靜華[2] 黃毓斌[2,3] 江明耀[2] 謝雨蒔[2] 鄭 允[2]

摘 要

高靜華、黃毓斌、江明耀、謝雨蒔、鄭允。2010。東方果實蠅大面積區域防治評估模式研究-台東地區釋迦果園測試。台灣農業研究 59:249–260。

自 2001 年開始籌備試行辦理東方果實蠅之「區域防治」，除了採用傳統的含毒甲基丁香油 (90%甲基丁香油 + 5%乃力松) 及蛋白質水解物為防治資材以外，並進行農民組織培訓、設立害蟲密度監測網及劃分防治亞區等工作。全部防治區涵蓋面積約 15,000 ha，於 2003 年 12 月起進行逾 4 年的區域防治工作。由密度監測資料顯示，台東地區果實蠅密度以西側沿山地區的發生密度偏高，向東延伸至海岸線密度逐漸降低，每年密度高峰期為 4–6 月及 10–12 月。實施區域防治以後，2003 至 2006 年果園外果實蠅密度年度變化之遞減率為 35.2%。果園內因實施防治，發生密度較果園外低，2003 至 2006 年之密度遞減率為 30.8%。15 個防治亞區中，最西側之 3 亞區因鄰近市區，農地多已開發，果實蠅密度極低，2003–2006 年之平均密度皆低於 10 隻/陷阱/日，2006 年其中 1 亞區因田間管理不良，監測發現果實蠅密度急劇上升，經透過加強防治業已改善。北、西及南邊外環 12 亞區果實蠅密度則較高，且有尚未開發的山區及農林地未納入防治，因此果園內的防治工作在此 12 亞區極為重要。經實施「區域防治」後，此 12 亞區果園之果實蠅防治率分別為 72.2%、81.3%、82.6%及 89.0%，顯示 4 年中防治率逐年提高；全區每年使用含毒甲基丁香油總量為 750–850 L，果實蠅密度逐年降低，對農業栽培環境有重大的改善。本研究實施期間對各亞區果實蠅密度發生有詳細的監測與記錄，將各年發生密度依監測資料區分為 5 個等級，並綜合各亞區發生密度，估算台東地區年平均密度指數 (Mean Density Index, MDI)，及年平均發生強度 (Density Gradient, DG)，再依果園外及果園內所得的 MDI 及 DG 計算防治率 (Control Efficacy, CE)，希能藉由此一研究發展出大面積蟲害「區域防治」效果計算之初步模式，並期待未來之研究更能提高評估之精度與解釋能力。

關鍵詞：東方果實蠅、區域防治、密度監測、釋迦、效果評估。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2438 號。接受日期：99 年 12 月 1 日。
2. 本所應用動物組研究員、助理研究員、助理研究員、助理研究員及前研究員。台灣 台中市。
3. 通訊作者：電子郵件：ybhuang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23309097。

前　　言

東方果實蠅 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] 為台灣水果之首要害蟲，防治沿革歷經 40 年，雖各種防治技術如滅雄、釋放不孕性雄蠅、果園清潔、食物誘引及套袋等均有其功效，但就防治策略而言，由於防治面積較大的區域由鄰近地區再侵入之機會也高，如比照日本沖繩島採取滅絕方式進行防治，幾乎是不可行，但果實蠅危害水果的問題仍必須解決。近年來，針對害蟲「區域防治」概念逐漸成形，就果實蠅類害蟲之防治而言，美國夏威夷在瓜實蠅已經進行防治策略的研究，且有相當的成果 (Mau *et al*. 2003; Vargas *et al*. 2006)。台灣的果實蠅區域防治工作係在 2000 年開始籌劃，藉由台美農業科技合作計畫與夏威夷專家共同勘測防治地點，選定台東地區為首要的測試區，其主因為該地經濟作物為釋迦，種類單純且其他寄主水果之干擾少，其二為高山與海岸線所造成地理隔離因子良好，適合規劃為大面積區域防治。由於此區幅員廣大，參與之農民人數多，包括農會成員、獨立農戶、自有及租賃之果農等，均影響管理及運銷方式，難以評估單一植物保護因素之經濟效益，因此，如何評估大面積「區域防治」之成效，是為本研究之重點。

本研究自 2001 年開始籌備，2003 年全面執行至 2006 年結束共計進行 4 年。為降低害蟲再侵入的問題，將台東原有的果實蠅共同防治計畫 2000 ha 擴充為 15,000 ha，地理範圍北起初鹿，南至知本，東邊以台 9 線公路為界線，西至太平洋海岸線；以整個卑南地區為防治工作重心進行整體之規劃。由農業試驗所會同美國夏威夷大學、美國農部夏威夷果實蠅研究室及夏威夷州政府共同合作，配合動植物防疫檢疫局提供之防治資材、台東地區農會辦理密度調查及農民教育之工作組織，進行長達 4 年之東方果實蠅區域防治測試研究。本研究旨在以蟲害防治為主軸，區分果園內外之害蟲發生密度基準，試行研發大區域蟲害防治效果評估之計算方法。

材料與方法

防治區之規劃與籌備

台東釋迦栽培區經選為台美農業科技合作計畫之東方果實蠅區域防治研究之示範地點 (Cheng *et al*. 2003; Cheng *et al*. 2005)，於 2000 年開始籌備，2001 年 12 月開始試辦。原預定防治面積為 2500 ha，但測試期間，鄰近之農民在台東地區農會號召下紛紛主動加入，面積不斷擴充。2002 年已增至 11,000 ha，2003 年初再納入初鹿、頂岩灣及斑鳩美農等 3 個北端區域，共計區分為 15 個防治亞區，防治面積則達 15,000 ha (如圖 1)。大面積防治測試在 2003 年才正式全面展開，本文亦以 2002 年 12 月至 2006 年共計 4 年多資料為分析討論之基礎。

採用之防治技術與資材

本試驗釋迦產區幅員廣大，農民栽培方式雖大致相同，但仍有因品種、地勢及季節等因素造成栽培管理技術上之差異，尤其在東方果實蠅防治技術上，藥劑的使用及果實套袋均不同，無法要求全體農民採用完全一致的方法，故採行農民能共同接受的工作項目規劃下列工作重點：

滅雄：「滅雄技術」為全體農民熟知的防治技術，由防檢局瓜果實蠅共同防治計畫下供應含毒甲基丁香油誘餌。每年每公頃使用量為 0.2 L，分 4 次實施，每次每公頃用量為 50 mL，每公頃約使用 5 至 10 個陷阱，每陷阱用量為 10 mL，以棉片吸收懸掛於傘式誘殺器內 (大小為開口直徑 13 cm × 深度 10 cm)。全區含毒甲基丁香油使用量除 2001 年的 240 L (2500 ha) 及 2002 年 520 L (11,000 ha) 外，2003–2006 年每年均為 750 至 850 L (15,000 ha)。

滅雌：2003 年由農試所提供 560 L 蛋白質水解物 (GF-120®, Dow AgroSciences LLC,

Indianapolis, IN, USA) 進行田間示範，2004–2006 年則由農民視需要自行購買使用。

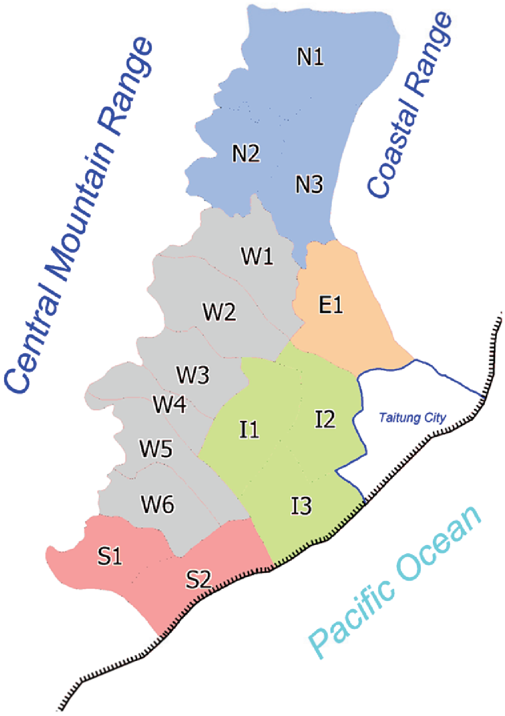
監測：密度監測陷阱採中改式誘蟲盒 (直立圓筒型，大小為直徑 12 cm × 高度 25 cm) 內置含毒甲基丁香油誘殺板，每 10 天收集 1 次蟲體，經計算彙整後以旬密度資料進行通報，分析時則換算為日密度計算。密度監測之設置地點分果園內及果園外兩種，其中上康樂、豐原及下康樂等 3 區因地處內環，多為住宅區及農耕區，除釋迦果園外，少有其它雜果及替代性寄主，故僅規劃果園內密度監測點。

教育訓練

農業試驗所於 2001–2002 年在台東地區農會辦理農民教育，同時辦理室內及室外示範及技術講習。講習內容包括區域防治概念、害蟲監測、滅雄工作原理、含毒蛋白質水解物防治原理及實施技術示範等。2003 年 3 月 18–21 日再針對 27 個產銷班，400 位農民辦理 8 梯次，為時 4 小時之區域防治講習與工作訓練。

密度監測資料之收集與分組

2003–2006 年於台東地區所獲得之實際東方果實蠅密度資料，以內差方式評估防治效益。



Local code	Locality	Area
N1	Chu-Lu	1861 ha
N2	Ban-Jiou, Mei-Nung	943 ha
N3	Ding-Yan-Wan	1181 ha
W1	Bin-Lang	1071 ha
W2	Tai-An	1079 ha
W3	Li-Jia	745 ha
W4	Da-Nan	486 ha
W5	Shang-Jian-He	833 ha
W6	Jian-Ye, Jian-He	789 ha
S1	Wen-Cyuan, Jhen-Le	780 ha
S2	Jhih-Pen, Jian-Nung	1019 ha
E1	Nan-Wang, Pei-Nan	1262 ha
I1	Shang- Kang-Le	1027 ha
I2	Sia-Kang-Le	939 ha
I3	Fong-Yuan	1058 ha
	Total	15073 ha

圖 1. 台東地區東方果實蠅區域防治之 15 個亞區分布及面積圖示。

Fig. 1. Distribution and acreage of 15 sub-districts of sugar apple plantation in the Taitung area-wide control program.

田間旬密度資料調查：除內環 3 亞區 (I1–I3) 外之 12 亞區均設置果園外與果園內 2 類密度監測點，由監測員辦理每 10 天調查 1 次陷阱誘得之蟲數為旬密度，分析時再轉換為日密度統計，單位為隻/陷阱/日，而內環 3 亞區則僅設置果園內調查點。以同一監測區全年 36 旬之日密度平均值為該年平均密度，單位為隻/陷阱/日。

各亞區及分組調查點之配置：本研究之防治區北起初鹿南至知本建農，全區除內環外分為東 1 區 (E1)、南 2 區 (S1 與 S2)、西 6 區 (W1–W6) 及北 3 區 (N1–N3) 共計 12 亞區，內環扣除台東市區外分為 3 亞區 (I1–I3)，各項密度監測均按照上述分區進行。果園外之發生密度：除了內環 3 亞區外，其餘 12 亞區均於未實施防治之其他作物或野生植物區域設立密度調查點，而此等調查結果視為果園外東方果實蠅之發生密度，共計 12 組資料。果園內之發生密度：係在各防治亞區之釋迦園內所進行之密度監測，可視為防治後之果實蠅發生密度，共計 15 組資料。

東方果實蠅發生密度之分級

將 15 亞區 2003–2006 年各年度之年平均密度 (隻/陷阱/日) 資料中，以最高值 (180.5/隻/陷阱/日) 與最低值 (2.5/隻/陷阱/日) 為範圍，依等比級數劃分不同等級，再比較資料之分布 0–200 間頻度。所得結果以劃分為 5 個等級 (表 1) 時最具線性關係 (圖 2)，故將密度資料以區分為 5 級並轉換為密度指數 (Density Index, DI)，進行後續之分析。

果實蠅年發生密度之計算及防治效果評估

分別將各亞區果園外及果園內東方果實蠅密度指數 (DI) 平均，所得值為該年之平均密度指數 (Mean Density Index, MDI)，再與最大 DI 值比較來計算平均發生強度 (Density Gradient, DG)。

$$\text{年平均密度指數}\,(\mathrm{MDI})^{*} = \frac{\sum \mathrm{DI}}{n}$$

$$^{*}\text{最高密度指數}\,(\mathrm{Max\ DI}^{*}) = 16$$

由於 5 級密度僅有 4 個級距，因此與最高值比較時其指數時必須減 1，而分母之最高值也須扣除第 1 級之基本值再進行計算

$$\text{年平均發生強度}\ (\mathrm{DG})^{**} = \frac{\mathrm{MDI} - 1}{\mathrm{Max\ DI}^{*} - 1}$$

$$^{**}\text{最大 強度}\ (\mathrm{Max\ \ DG}) = 1.0$$

表 1. 東方果實蠅發生密度之強度指數換算表

Table 1. The density index used for calculation

Rank	Density range (No. flies/trap/day)	Density Weight
1	0–12.5	1
2	12.5–25	2
3	25–50	4
4	50–100	8
5	100–200	16

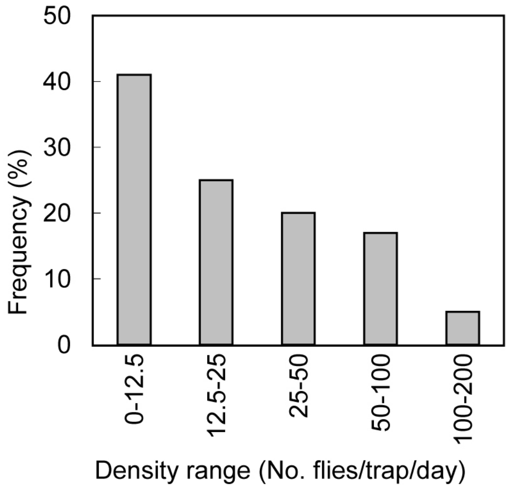


圖 2. 台東地區 4 年來 (2003–2006) 東方果實蠅每日平均密度頻度分布圖。

Fig. 2. Frequency of mean daily density of OFF in Taitung during 2003–2006.

「區域防治」工作之成效，係以防治區與非防治區果實蠅年平均強度之差異計算防治率 (Control Efficacy, CE)

$$\text{防治率 (CE)}^{***} = 1 - \frac{\text{園內強度}}{\text{園外強度}}$$

$$= \left(1 - \frac{DG_C}{DG_N}\right) \times 100\%$$

*** 防治率亦含果園管理中所有涉及東方果實蠅管理的措施，屬整體性之效果評估。DG_C: Density Gradient of Control Area; DG_N: Density Gradient of Natural Area。

結　果

果園外果實蠅自然發生概況

防治區總面積約 15,000 ha，實際釋迦果園面積估 2500 ha。2002–2006 年果園外東方果實蠅發生消長曲線均顯示出季節性消長 [圖 3 (a)]，以 4 年之平均資料呈現之全年密度，清晰可見為雙高峰曲線 [圖 4 (a)]，每年 2–3 月為密度上升期，4–6 月為第一密度高峰，然後密度逐漸下降，在 7–9 月呈穩定分布，10–11 月為第二密度高峰，11 月以後再下降至冬季的最低點，族群變化趨勢與台東地區釋迦產期一致。

東方果實蠅在果園外發生密度之空間分布，以北部 3 亞區 (N1–N3) 較低，西側密度偏高者有賓朗 (W1)、利嘉 (W3)、大南 (W4) 及建業建和 (W6) 等 4 亞區，東側之南王卑南 (E1) 及南端之溫泉鎮樂 (S1)、知本建農 (S2) 則屬中密度 (圖 5 之虛線)。經 4 年防治後，果園外雖然並未實施直接的防治措施，但東方果實蠅之發生密度亦有逐年下降的趨勢，密度資料經對數轉換後以回歸分析求得密度年增率為負 35.24%。2003–2006 年果園外東方果實蠅發生之「年平均密度指數」(MDI_N) 逐年下降，分別為 6.67、9.42、3.42 及 3.33。果園外東方果實蠅之「發生強度」 (DG_N) 亦逐年減弱，分別為 0.378、0.561、0.161 及 0.155 (圖 6)。

果園內果實蠅密度發生概況

一般而言果園內果實蠅發生密度 [圖 3 (b)] 明顯較同區果園外為低 [圖 3 (a)]，但季節性變化類似。以 4 年平均值觀之亦是雙高峰曲線，第一高峰發生在 4–6 月，第二高峰在 10–11 月 [圖 4 (b)]。由果園內之發生密度分區觀之，北部 3 亞區發生密度均低 [圖 5 N1–N3]，而西側

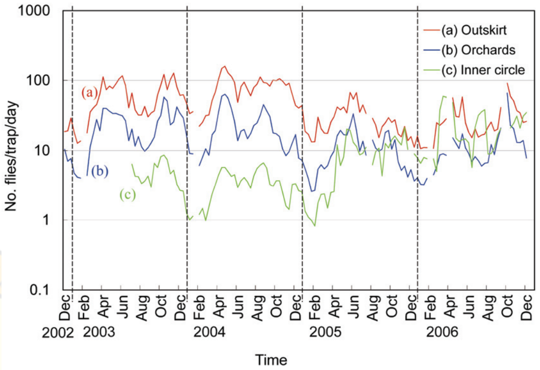


圖 3. 台東防治區連續 4 年 (2002.12–2006.12) 果實蠅族群變動情形。[(a)果園外、(b)果園內、(c)內環 3 亞區]

Fig. 3. Population fluctuation of OFF in control area from Dec. 2002 to Dec. 2006.

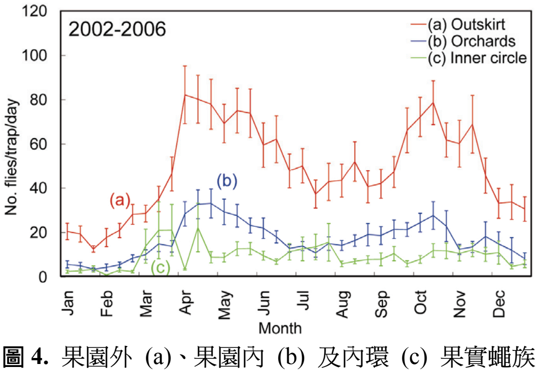


圖 4. 果園外 (a)、果園內 (b) 及內環 (c) 果實蠅族群變動情形 (2002–2006 年)。

Fig. 4. Averaged population fluctuation of OFF in outskirt (a), orchards (b) and inner circle (c) during 2002-2006.

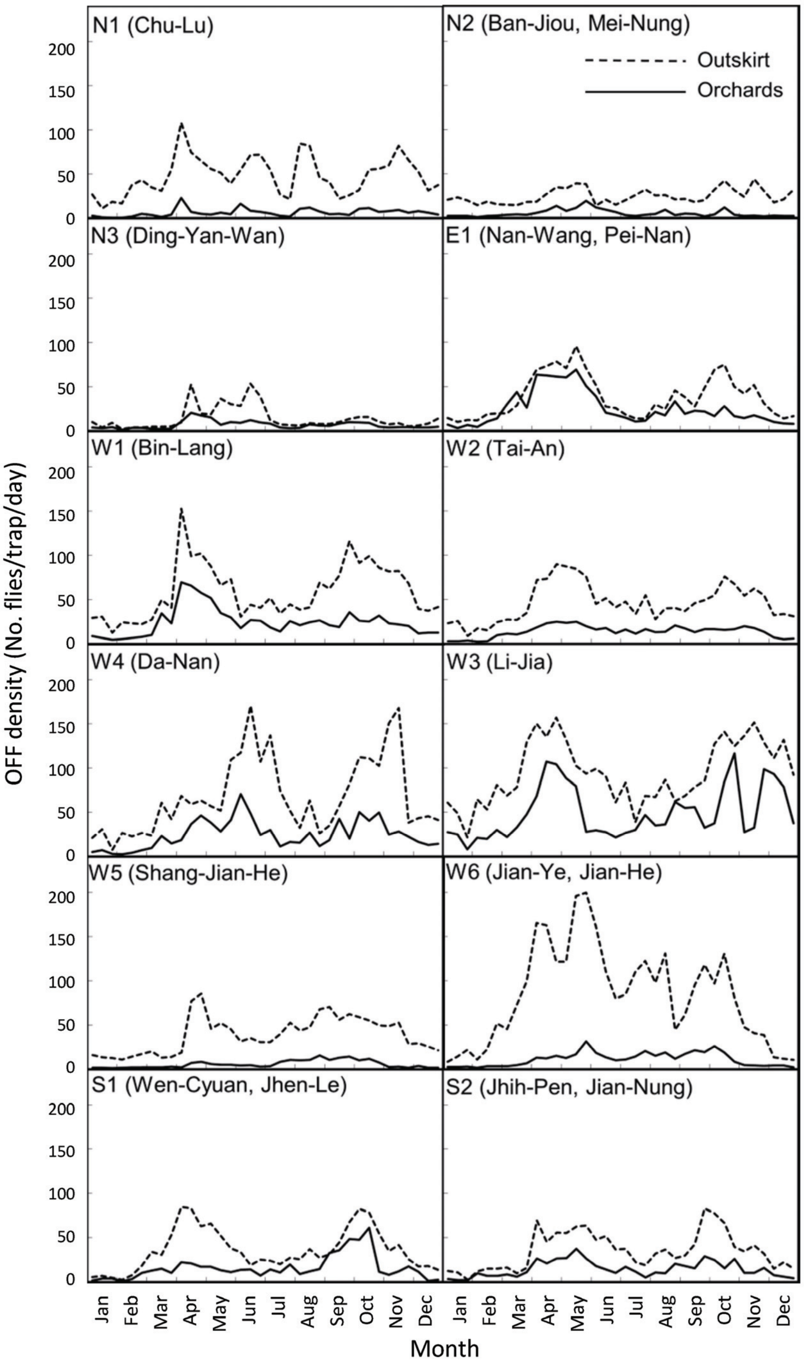


圖 5. 各調查點果實蠅密度季節性消長 (2002–2006 年)。(實線：果園內；虛線：果園外)

Fig. 5. OFF density fluctuation in individual monitoring districts. (—: orchard; ---: outskirt)

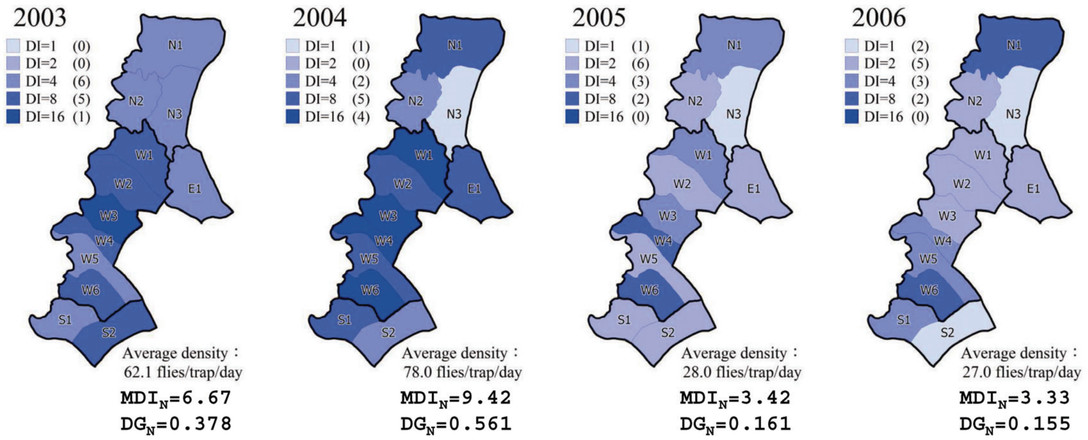


圖 6. 2003–2006 年台東防治區果實蠅在果園外發生密度之年度平均分級圖。
Fig. 6. Density gradient of the OFF in the outskirt of various districts during 2003–2006.

的 6 亞區也較果園外之發生密度為低 (圖 5 W1–W6)，防治效果最明顯的區域為上建和 (W5) 及建業建和 (W6)，防治效果屬中等的為賓朗 (W1)、泰安 (W2) 及大南 (W4)，防治效果不佳的則是利嘉 (W3)，而東側的南王卑南 (E1) 防治效果亦不佳，南端的溫泉鎮樂 (S1) 及知本建農 (S2) 有中度防治效果。就季節性而言，對第二密度高峰之防治效果較第一密度高峰為佳 (圖 4、圖 5)。全區果園內之東方果實蠅經 4 年之防治後密度逐年下降，密度資料經對數轉換後以回歸分析求得密度年增率為負 30.81%，惟其下降趨勢較果園外之發生密度為緩慢。果園內發生之年平均密度指數 (MDI_C) 逐年下降，分別為 2.58、2.58、1.42 及 1.25 (圖 7)。在果園內之發生強度 (DG_C) 亦逐年減弱，分別為 0.105、0.105、0.028 及 0.017 (圖 7)。由東方果實蠅於果園內與果園外之發生狀況相比較，可計算出對東方果實蠅之控制率，如表 2。

內環 3 亞區果園內果實蠅密度發生概況

此 3 亞區之東方果實蠅密度自 2003 年起均為全區最低者 [圖 3 (c)]，但 2006 年起西側上康樂 (I1) 之東方果實蠅密度呈異常上升，導致內環 3 亞區密度之年增率為 58.05% (圖 8)。比較 3 個內環區第 3 年與第 4 年平均密度發現，上康樂 (I1) 密度顯著升高 7.05 倍，惟至 2006 年底同為內環之下康樂及豐原等 2 亞區尚未受到影響 (圖 9)。

討　　論

台灣的經濟已邁向工業化，農業產值逐漸降低，但就台灣東部而言，農牧業仍是經濟主流，工業化程度低但保有良好的自然生態環境。農業現代化是不可避免的潮流，所帶來的不良後果如農藥對生態環境的衝擊等，已是非常重要的課題。釋迦佔台東果樹栽培的 90%以上，面積達 2500 ha，選擇台東地區辦理現代化的東方果實蠅區域防治，是極具挑戰性及有意義的計畫。

國際上對於東方果實蠅防治，多半以具強烈誘殺效果之甲基丁香油進行滅雄工作，在小型島嶼上有實施成功案例 (Lindquist 2000)，台灣也有小面積區域防治模式研究之先例 (Chiang *et al*. 2007; Huang *et al*. 2008)，於大區

表 2. 2003–2006 年釋迦園及果園外東方果實蠅發生狀況之比較

Table 2. Comparison of density gradient in sugar apple orchard (controlled) and outskirt OFF (natural) populations

Items compared [z]	Year			
	2003	2004	2005	2006
Natural density gradient (DG_N)	0.378	0.561	0.161	0.155
Controlled density gradient (DG_C)	0.105	0.105	0.028	0.017
Control efficacy (CE)	72.2%	81.3%	82.6%	89.0%

[z] Natural density gradient (DG_N): Max = 1.0; Controlled density gradient (DG_C): Max = 1.0.

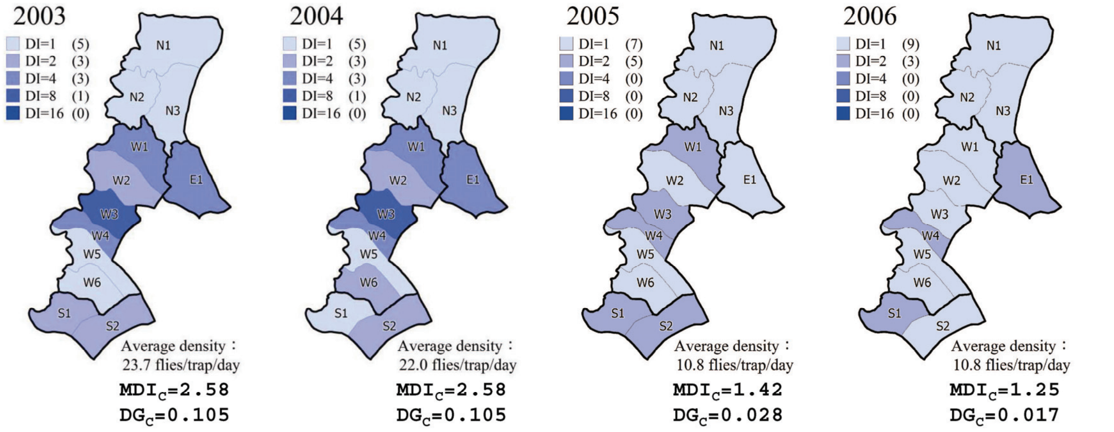


圖 7. 2003–2006 年台東防治區果園內果實蠅發生密度年度平均分級圖。

Fig. 7. Density gradient of the OFF in the orchards of various districts during 2003–2006.

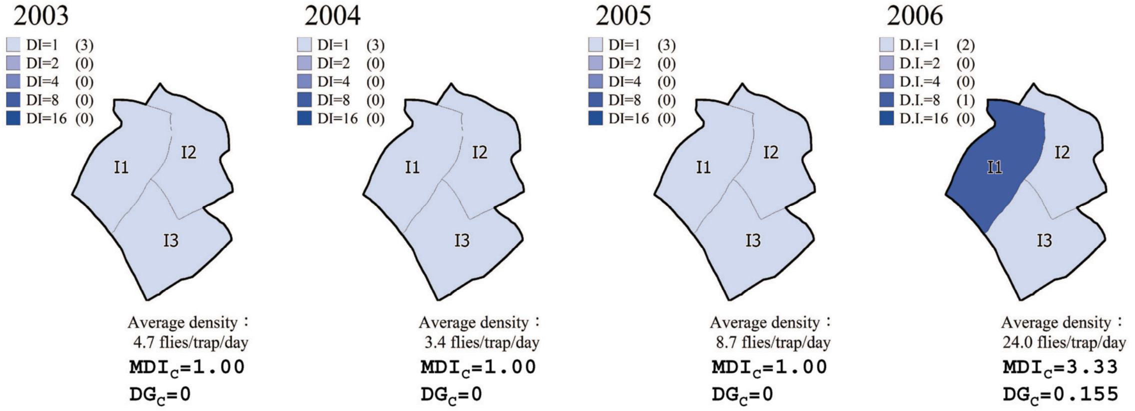


圖 8. 2003–2006 年台東防治區內環區果實蠅發生密度年度平均分級圖 (趨勢)。

Fig. 8. Averaged and trend of OFF density in inner circle during 2003–2006.

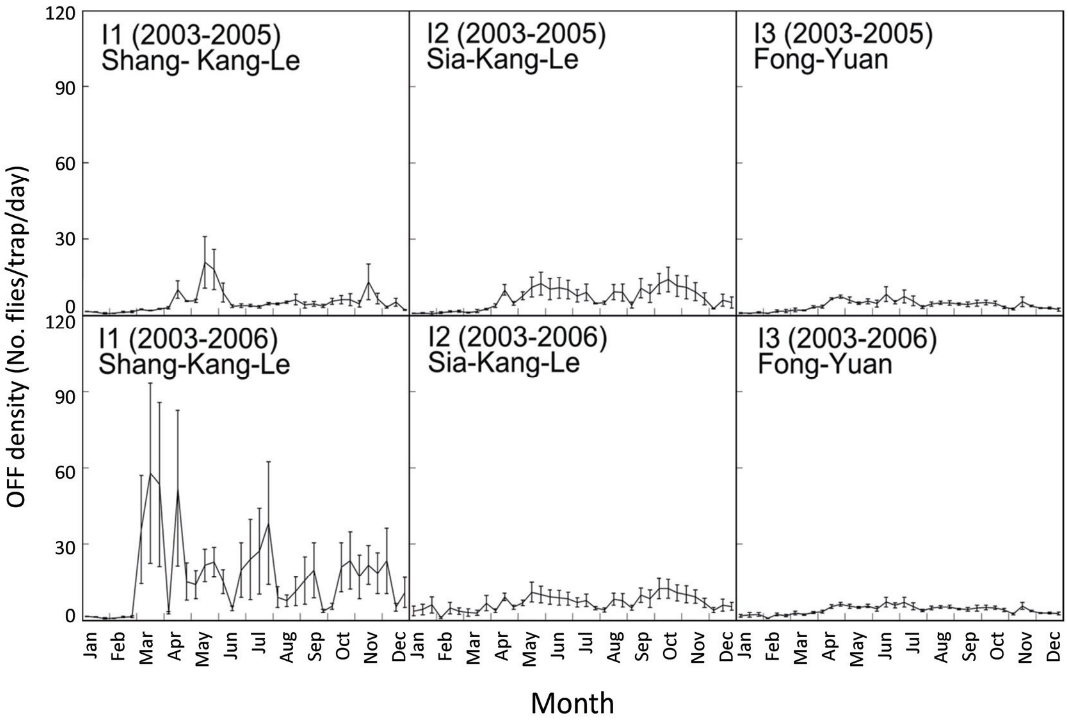


圖 9. 台東防治區內環區之 3 年 (2003–2005) 與 4 年 (2003–2006) 密度平均值變化比較。

Fig. 9. Comparison of averaged OFF density in inner circle using 3-year (2003–2005) and 4-year (2003–2006) data.

域實施且具成效者仍不多見 (Aluja 1996)。本研究規劃台東地區果實蠅區域防治時，防治技術以含毒甲基丁香油滅雄為主，輔以含毒蛋白質水解物誘餌為滅雌之補強手段，歷經 2 年籌備及 4 年的防治後結果顯示，釋迦果園內外之東方果實蠅密度確實有下降趨勢。

東方果實蠅在台東地區的發生有其明顯的季節性，每年 2–3 月為上升期，4–6 月為第一密度高峰，然後密度逐漸下降，7–9 月呈穩定分布狀態，10–11 月為第二密度高峰，11 月以後再下降至冬季的最低點，與釋迦夏冬二季產期相似。北端 3 個防治亞區果園外之發生密度原本不低，但區域防治明顯收效。西側 6 個亞區果園外之發生密度均高，經防治後，賓朗、泰安、上建和及建業建和 4 亞區效果均佳，惟利嘉、大南等 2 亞區密度不易壓制。東側南王、卑南發生密度為中等，但防治效果不佳，其原因在於該區有面積廣大的山地保留林，其中之野生寄主可以維持東方果實蠅一定的族群密度而難以防治。南端 2 亞區發生密度不高且防治效果均可。內環 3 亞區密度一向偏低，惟在 2006 年時，上康樂密度突然竄高，其原因可能來自於果園清潔不夠徹底，但尚未影響至其他亞區。

每年所投入之防治資材為 850 L 含毒甲基丁香油，成本約新台幣 95 萬元，防治果園面積約 4000 ha，平均每公頃成本為約 240 元，若就所涵蓋之 15,000 ha 而言，每公頃成本僅約為 60 元。2006 年果園外所測得之東方果實蠅發生密度較 2003 年下降 57%，而果園內密度也較 2003 年下降 54%。2006 年果園內之密度僅為 2003 年果園外發生密度之 17%，相差達 6 倍。本研究以區域防治策略，結合滅雄 (含毒甲基

丁香油)、套袋及果園清潔等措施，有效降低果實蠅發生密度，幫助農民減少施用農藥的支出並提升農民之健康安全及對自然環境之保護，均為區域防治之附加效益。

防治區內各亞區之東方果實蠅密度監測工作，不僅提供可靠的評估資料，且能夠明確地標定害蟲發生的確切位置及其相關性，為防治期間緊急應變措施的依據。長期監測工作在區域防治的重要性可由本研究看出，因為農民對各項工作配合的成熟度，以及害蟲發生的環境逐漸受到壓制，尤其個別年度之氣候變化，也可影響防治效果，但長期實施區域防治可顯現累積工作成效，如蟲害受到壓制的趨勢。此外，由於各項因素的限制，區域防治也可能有其階段性，如本計劃的前 2 年，必須用於籌備各項工作，第 3 年到第 6 年才能全面實施完整的區域防治工作。就區域防治而言，適當的防治資材如含毒甲基丁香油、配合水果產期所擬訂的工作計畫及落實的農民教育等，均是非常重要的因素。本研究除測試大區域的東方果實蠅「區域防治」模式，並就密度資料之收集、密度頻度之分級、害蟲發生強度之估計以及依防治區及非防治區之差異評估防治率等，草創大區域防治成效評估之雛型。由連續 4 年進行「區域防治」所獲得之實際資料套用上述雛型模式計算顯示，大面積釋迦栽培區歷經 4 年之防治，果園內東方果實蠅密度不僅較果園外明顯降低，差異可達 70–80%以上，並且有逐年改善之趨勢，甚至全台東地區的果實蠅平均密度均逐年下降。本研究顯示，藉由適當的害蟲密度監測及比較，建立大面積區域防治蟲害之效益評估模式應屬可行。

誌　　謝

本研究承行政院農業委員會國際合作處於台美農業科技合作研究計畫項下，補助「東方果實蠅之區域防治研究」 (90 中美-1.4-合-01、91 中美-1.4-合-01、92 中美-1.4-合-01、93 中美-1.4-合-01) 之計畫經費；美國農業部 (USDA) 補助台美雙方研究人員交流費用；台東地區農會協助辦理防治工作，劉慶嘉、施建中、陳輝雄、劉應煌、李建益、葉玉惠、楊麗雯、潘志璋、吳文耀、廖坤朗、羅興東 (歿)、王登中等農友協助密度監測工作，特此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Aluja, M. 1996. Future trends in fruit fly Management. p.309–317. *in*: Fruit Fly Pests-a World Assessment of Their Biology and Management (McPheron, B. A. and J. S. Cary, eds.) St. Lucie Press Inc. Florida, USA.

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang, and Y. B. Hwang. 2003. Modernization of oriental fruit fly control in Taiwan: the planning and execution of an area-wide control project. p.49–66. *in*: Proceedings of the Workshop on Plant Protection Management for Substainable Development: Technology and New Dimension (Ho, C. C., C. C. Tzeng, L. M. Hsu, J. T. Yang, and S. C. Wang, eds.) Plant Protection Society of the Republic of China, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC. (in Chinese with English abstract)

Cheng, E. Y., C. H. Kao, M. Y. Chiang, and Y. B. Hwang. 2005. Area-wide control of oriental fruit fly and melon fly in Taiwan. p.147–154. *in* the Proceedings of Symposium on Taiwan-American Agricultural Cooperative Projects. Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Chiang, M. Y., C. H. Kao, Y. B. Huang, E. Y. Cheng, and M. C. Lee. 2007. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for wax apple. J. Taiwan Agric. Res. 56:153–164. (in Chinese with English abstract)

Huang, Y. B., C. H. Kao, M. Y. Chiang, E. Y. Cheng, and M. C. Lee. 2008. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for citrus. J. Taiwan Agric. Res. 57:63–73. (in Chinese with English abstract)

Lindquist, D. A. 2000. Pest management strategies: area-wide and conventional. p.13–19. *in* the Proceedings of International Conference on Area-wide Control of Fruit Flies and Other Insect Pests.

Penerbit University Sains Malaysia. Penang, Malaysia.

Mau, R. F. L., E. B. Jang, R. I. Vargas, C. Chan, M. Y. Chou, and J. S. Sugano. 2003. Implementation of a geographic information system with integrated control tactics for area-wide fruit fly management. p.1–22. *in*: Proceedings of the Workshop on Plant Protection Management for Sustainable Development: Technology and New Dimension (Ho, C. C., C. C. Tzeng, L. M. Hsu, J. T. Yang, and S. C. Wang, eds.) Plant Protection Society of the Republic of China, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Vargas, R. I., R. F. L. Mau, R. Wong, and E. B. Jang. 2006. Successful utilization of the area-wide approach management of fruit flies in Hawaii. p.31–40. *in* the Proceedings of International Symposium on Area-wide Management of Insect Pests. Okinawa Prefectural Agricultural Research Center. Pub. Okinawa, Japan.

行政院農業委員會農業試驗所
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
1895

An Assessment on Area-Wide Control of the Oriental Fruit Fly for Sugar Apple in Taiwan [1]

Ching-Hua Kao[2], Yu-Bing Huang[2,3], Ming-Yao Chiang[2],
Yu-Shih Hsieh[2], and Edward Y. Cheng[2]

Abstract

Kao, C. H., Y. B. Huang, M. Y. Chiang, Y. S. Hsieh, and E. Y. Cheng. 2010. An assessment on area-wide control of the oriental fruit fly for sugar apple in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 59:249–260.

Area-wide control of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel, OFF) in large acreage of sugar apple was planned in 2000, and the control program was initiated in 2003. Major control practices included farmer training, fruit fly monitoring program and male annihilation technique using poisoned methyl eugenol bait. The estimated total control acreage was 15,000 ha, which was divided into 15 sub-districts; the outskirt area constituted 12 sub-districts and the rest 3 sub-districts were considered as inner circle. The OFF density in both orchard and wild area were monitored every 10 days. Three sub-districts in the inner circle were mostly sugar apple plantation, and no wild area for density monitoring. After implemented the control program for 4 years, the obtained data indicated that there are two high OFF density peaks annually. The first peak occurred from April to June and the second peak was from October to December. The fruit fly density in sugar apple orchard was always lower than the wild region, and the OFF density had a tendency of decreasing year by year. All 3 sub-districts of the inner circle had the lowest fruit fly density, usually lower than 10 flies/trap/day. Most fruit fly control effort was concentrated on the 12 outskirt sub-districts, and only one OFF outbreak had occurred in one of the inner circle sub-districts in 2006, which was quickly detected and controlled. From 2003-2006, the OFF control rate in the outskirt sub-districts were 72.2%, 81.3%, 82.6% and 89.0%, respectively. The results of area-wide OFF control in the sugar apple plantation of Taitung indicated that through the cooperation of farmer's groups, simply by applying 750-850 liters of poisoned methyl eugenol bait a year could effectively reduce the fly density and the preliminary test can further be used to evaluate field control efficacy.

Key words: *Bactrocera dorsalis*, Area-wide control, Sugar apple, Large acreage model.

---

1. Contribution No. 2438 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: December 1, 2010.
2. Respectively, Entomologist, Assistant Entomologist, Assistant Entomologist, Assistant Entomologist, and former Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: ybhuang@tari.gov.tw; Fax: (04)23309097.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):261–274 (2010)

異戊烯轉移酶 (*ipt*) 基因轉殖青花菜花粉活性及其相近菜種雜交之研究[1]

丁柏瑜[2] 張　翔[3] 高于雯[3] 呂秀英[4] 陳榮芳[5] 吳明哲[3] 陳烈夫[3,6]

摘　要

丁柏瑜、張翔、高于雯、呂秀英、陳榮芳、吳明哲、陳烈夫。2010。異戊烯轉移酶 (*ipt*) 基因轉殖青花菜花粉活性及其相近菜種雜交之研究。台灣農業研究 59:261–274。

基因流佈 (gene flow) 是基因轉殖作物生態風險評估中一個重要指標，而花粉活性與雜交稔實率是影響作物異交潛力的主要因子。本試驗利用異戊烯轉移酶 (isopentenyltransferase, *ipt*) 基因轉殖青花菜 (*Brassica oleracea* var. *italica*) 103 品系與非轉殖青花菜對照組 (104 品系及品種‘綠王’)，和另外 5 種相近菜種 [白花芥藍 (*B. oleracea* var. *alboglabra*)-‘富悅’、黃花芥藍 (*B. oleracea* var. *alboglabra*)-‘白格林’、花椰菜 (*B. oleracea* var. *botrytis*)-‘麗雪’、小白菜 (*B. rapa* var. *chinensis*)、小油菜 (*B. rapa* var. *japonica*)] 等材料，透過分析花粉活性與雜交率對青花菜異交潛力進行評估，提供基因轉殖青花菜商業栽培需隔離與建立共存之參考。結果顯示在一般栽培條件下，於 2007–2008 兩年間基因轉殖青花菜與其他相近菜種之花期重疊日數分別為 3–28 天及 8–44 天。以兩種染色法及離體發芽法分析青花菜及其他各品種 (系) 間之花粉活性。由螢光染色法 (fluorescent diacetate, FDA) 檢測，各材料間差異未達顯著水準 ($P > 0.05$)；以氯化三苯基四氮唑染色法 (2, 3, 5-triphenyltetrazolium chloride, TTC) 及離體發芽法 (*in vitro* germination) 檢測轉殖青花菜與其他材料以及它們的 F_1 雜交後代之花粉活性有顯著差異 ($P < 0.05$)，並顯示轉殖品系及其雜交後代仍具有相當之雜交能力。將基因轉殖青花菜 103 品系與其他 5 種相近菜種進行雜交、蜜蜂授粉及田間自然雜交，分別得到種內稔實率變幅為 86.0–100%、1.1–42.5%及 0–9.0%。與小白菜及小油菜沒有雜交現象。本研究顯示基因轉殖異戊烯轉移酶對青花菜品種異交潛力的改變甚低 (6.4–9.0%)，仍存在著基因流佈的可能性風險。

關鍵詞：芥藍、基因流佈、雜交率、花期重疊、轉基因青花菜。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2439 號。接受日期：99 年 12 月 1 日。
2. 朝陽科技大學生化科技研究所博士班。台灣　台中市。
3. 本所生物技術組聘用研究員、研究助理、研究員兼組長、助理研究員。台灣　台中市。
4. 本所研究員兼副所長。台灣　台中市。
5. 中央研究院植物暨微生物學研究所研究員兼副所長。台灣　台北市。
6. 通訊作者，電子郵件：leevchan@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

前 言

自 1983 年首例基因轉殖菸草研發成功後，至 1996 年基因轉殖大豆、玉米、油菜及番茄相繼開始大規模田間生產。之後，世界上許多國家也都開始對基因轉殖作物進行研究及商業化種植，使得全球基因轉殖作物栽培面積快速擴增。據國際農業生物技術諮詢及服務機構 (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA) 之報告，轉殖作物栽培面積於 2008 年已達 1 億 1,430 萬公頃，並涵蓋 23 個國家，12 年間即增加近 67 倍，預估未來全球生物技術作物面積將持續增長 (James 2009)。各界對於基因轉殖作物及其產物在人畜食用安全性、基因污染及其他層面的生態環境安全問題仍存有疑慮 (Ramessar *et al*. 2007)，亟須在推廣基因轉殖作物前進行相關的科學評估與研究。讓公眾瞭解基因轉殖作物在生態環境中可能造成的風險，並使其降低至最小或甚至接近零風險，儘可能防止任何負面影響的發生 (Chandler & Dunwell 2008)。

基因流佈 (gene flow) 是基因轉殖作物生態風險評估中一個重要指標 (Jørgensen *et al*. 1999; Haygood *et al*. 2003; Andow & Zwahlen 2006)。基因流佈可以花粉、種子和無性繁殖體等形式進行傳播 (Ellstrand *et al*. 1999)。對於顯花植物 (phanerogams) 而言，花粉散佈 (pollen dispersal) 是最主要的傳播形式 (Scheffler *et al*. 1993; Paul *et al*. 1995; Lefol *et al*. 1996a)。植物的花粉是有性生殖過程中的雄性供體，花粉釋放後的運動走向及散佈範圍直接影響植物的繁殖系統及遺傳結構，而測定花粉散佈的範圍是確定有效居群大小的重要基礎 (Mikkelsen *et al*. 1996)。基因流佈的可能性與發生程度不僅與花粉傳播距離有關，而且與基因轉殖作物包括花粉、交配、種子、植株等繁殖和生長發育性狀的生態適合度 (fitness) 改變也有極大的關係 (Mikkelsen *et al*. 1996; Hokanson *et al*. 1997; Schular *et al*. 1999; Barton & Dracup 2000; Pertl *et al*. 2002)。但發生基因流佈也不是件容易的事，因其會受到一系列因素的影響及限制，必須是在適當的時間、地點、場合，遇到適當的對象，即基因轉殖作物和相近菜種必須生長在同一個地方，在同一時間段內開花，還要有適當的花粉傳播媒介 (風媒或蟲媒)，而且它們之間還必須是有性親和的。故此，基因能否透過花粉流佈至相近菜種，必須具備 3 個基本條件：(一) 在空間上，基因轉殖作物與相近菜種分佈重疊或相鄰生長；(二) 在時間上，開花期重疊且花期須相遇，包括 1 年之內的開花時段及 1 天之內的開花授粉時間相吻合；(三) 在生物學上，基因轉殖作物與相近菜種需具有一定的雜交親和性，其雜交後代能正常繁殖下一代，並能維持整個族群的穩定 (Crawley *et al*. 2001; Simard & Legere 2004; Kuparinen *et al*. 2007)。基因轉殖作物花粉的數量、生活力、擴散形式及傳播距離是基因流佈研究的主要內容。而其中花粉發芽率是衡量花粉生活力狀況的主要指標，同時花粉管長度亦在一定程度上反映出花粉的生活力狀況。花粉離體發芽一般在培養基上進行，常用的培養基成分是糖類及微量元素 (硼酸)。其濃度一般為蔗糖 10–20%，硼酸 0.001–0.005%，pH 值 5.8–6.5，蔗糖的作用是提供合適的滲透壓和花粉管形成所需的能量，硼酸中的硼元素為微量元素，能促進花粉管的發芽。不同植物花粉發芽所需要的培養基種類和濃度不同，二細胞型花粉較易發芽，一般在基本培養基上培養即可，而三細胞型花粉如菊花、水稻、甘藍等較難發芽，要在基本培養基的基礎上添加其他促進花粉發芽的元素，如 $Ca(NO_3)_2$、$MgSO_4$、KH_2PO_3、VB_1 (維生素 B_1)、PEG 等 (Chiang 1974; Shivanna *et al*. 1991; Stone *et al*. 1995; Dafni & Firmage 2000)，亦有以葡萄糖液作為培養基，花粉發芽效果也較

好，因葡萄糖是真正的小分子物質，較蔗糖易被細胞吸收之研究 (Rodriguez-Riano & Dafni 2000)。有關轉殖基因的插入是否會引起性狀的變異，藉由近年來水稻 (*Oryza sativa* L.) 的花粉離體發芽和雜交稔實研究結果，發現轉殖基因插入對水稻品種花粉活性無顯著影響，轉殖水稻各雜交組合稔實率的總變幅並沒有超出非基因轉殖水稻的變幅範圍，顯示轉殖基因的插入對水稻品種異交潛力之影響甚微 (Chen *et al*. 2004; Song *et al*. 2004; Lu & Snow 2005; Wei *et al*. 2005)。亦有研究報告指出水稻不同品種之間的基因流佈頻率很低，在少於 1 m 距離的情況下，抗蟲基因水稻中的外源基因流佈到非基因轉殖水稻親本品種的頻率均在 0.9%以下，倘設立 5–10 m 的空間隔離，其頻率會迅速降至 0.01–0.001% (Rong *et al*. 2007)。

青花菜 (*Brassica oleracea* var. *italica*) 屬異花授粉的十字花科作物，與其相近菜種有一定的雜交親和力 (Prakash &Hinata 1980; Roy 1980; Scheffler &Dale 1994)。試驗顯示基因轉殖甘藍型油菜 (*Brassica napus* var. *oleifera* Metzger) 與其相近菜種間，包括同屬之蕪菁 (*Brassica rapa* L.) 及異屬的野生蘿蔔 (*Raphanus raphanistrum* L.)、野芥 (*Sinapis arvensis* L.)、白芥 (*Sinapis alba* L.) 等，存在著外源轉殖基因流佈的可能 (Inomata 1988; Bing *et al*. 1996; Sridevi & Sarla 1996; Seiki *et al*. 1998; Hansen *et al*. 2001; FitzJohn *et al*. 2007; Li *et al*. 2008)。以轉殖 *bar* 基因油菜與野芥間的雜交授粉特性進行研究，結果顯示花粉發芽率在轉殖與非轉殖油菜間無顯著差異，轉殖油菜與野芥雜交親和性亦較弱，因此在自然條件下很難發生授粉而造成外源基因的流佈 (Lefol *et al*. 1996a, b)。而利用其 F_1 雜交種再與野芥回交之後裔的田間試驗，卻發現可產生較高活性的花粉 (Mikkelsen *et al*. 1996)。以轉殖油菜和野生蘿蔔之 F_1 雜交種再與野生蘿蔔回交，並調查至 F_4 世代的可稔性，發現基因轉殖的傳遞頻率在雜交後的幾個世代中有逐漸降低的趨勢 (Cherve *et al*. 1997, 2000)。在英國採集不同生態條件下生長的 102 種野芥與 6 個不同遺傳背景的甘藍型油菜 (*Brassica napus* L.)，在溫室中以野芥作為母本，不同甘藍型油菜作為父本，進行人工授粉後檢測其雜交親和性，發現若不借助胚拯救 (embryo rescue) 和胚珠培養 (ovule culture) 的方法，得不到後代種子 (Moyes *et al*. 2002)；但以甘藍型油菜作為母本，野芥作為父本時之反交試驗 (reciprocal cross)，才能得到雜交後代，即使如此，成功雜交率在不同組合間仍甚低，只有 0–0.0049% (Ayotte *et al*. 1987; Sarla & Raut 1988; Sharma *et al*. 1996; Sarmah & Sarla 1998; Stewart 2002)。本試驗之研究目的是藉由花粉發芽與人工雜交、蜜蜂授粉、田間自然雜交等不同花粉傳播途徑，探討轉殖 *ipt* 基因青花菜與其受體品種及相近菜種在花粉活性與雜交稔實性狀的差異性，以分析插入 *ipt* 基因對青花菜異交潛力的影響，據此評估該基因轉殖青花菜之商業栽培利用或採種檢查等物理性隔離範圍與共存可行性。

材料與方法

試驗材料

本試驗所採用之青花菜材料是以農桿菌法 (*Agrobacterium tumefacients* mediated transformation) 將細胞分裂激素合成基因 [cytokinin synthase (isopentenyl transferase gene, *ipt* gene)] 與和老化有關基因 (senescence associated genes, SAGs) 啟動子基因導入青花菜商業品種‘綠王’植株中。構築 *ipt* 基因所使用的質體為 pSG766A，包含 $SAG_{13\text{-}1}$ 啟動子引導 *ipt* 基因與 *NOS* 啟動調控 *NPT*II 植物篩選基因。經由抗生素 (kanamycin) 篩選、聚合酶鏈鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR) 與南方氏雜交分析 (Southern blotting) 確定 *ipt*基因已成功被

導入青花菜基因組中，且證實部分轉殖系在延遲採收葉片及花球之黃化上具有明顯效果 (Chen *et al.* 2001; Chan *et al.* 2009)。

本試驗材料係以該轉殖 *ipt* 基因青花菜自交五代 (R5) 的選拔，自分離後代中選出一個園藝性狀優良且具延遲花球黃化之中生轉殖青花菜自交系 (103 品系) 做為花粉貢獻親、非轉殖青花菜自交系 (104 品系對照組) 與品種‘綠王’及其他 5 個相近菜種 [白花芥藍 (*B. oleracea* var. *alboglabra*)-‘富悅’、黃花芥藍 (*B. oleracea* var. *alboglabra*)-‘白格林’、花椰菜 (*B. oleracea* var. *botrytis*)-‘麗雪’、小白菜 (*B. rapa* var. *chinensis*) 及小油菜 (*B. rapa* var. *japonica*)]，共 7 種作爲花粉接受親。其中小白菜及小油菜與青花菜爲同屬不同種之試驗材料，以檢測青花菜品系間、與其他變種間及種間之雜交能力。

田間試驗

試驗於 2007–2008 年在農業試驗所隔離設施內進行。採秋作種植，即於每年 11 月初在隔離溫室育苗，種子先播種於 48 格之穴盤，經培育 3 週，本葉達 4 片葉時，定植於隔離試驗田。田間配置採逢機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，將基因轉殖青花菜自交系 (103 品系) 種植於田區中間，共 600 株。四周設置成 4 區集，各區集逢機種植 2 種非轉殖青花菜及 5 種相近菜種，每小區畦長 10 m 及寬 1.5 m (含畦溝寬度)，株距 45 cm、行距 60 cm，共種植 15 株 (圖 1)。試驗期間記錄各參試材料的始花期及終花期，並計算各品種 (系) 間之花期重疊日數。同時，青花菜在田間任其開放授粉，於受體材料成熟後，按品種 (系) 收穫小區之種子，於隔離溫室培育成苗後，再進行後續之葉片材料 PCR 檢測工作。

溫室基因轉殖青花菜與其相近菜種雜交

隔離溫室所使用的試驗材料與前述之田間試驗相同，每一品種 (系) 種植 4 株，於隔離溫室育苗，種子先播種於穴盤 (4.5 cm × 4.5 cm × 5 cm)，經培育 3 週當本葉達 4 片葉時，移植至

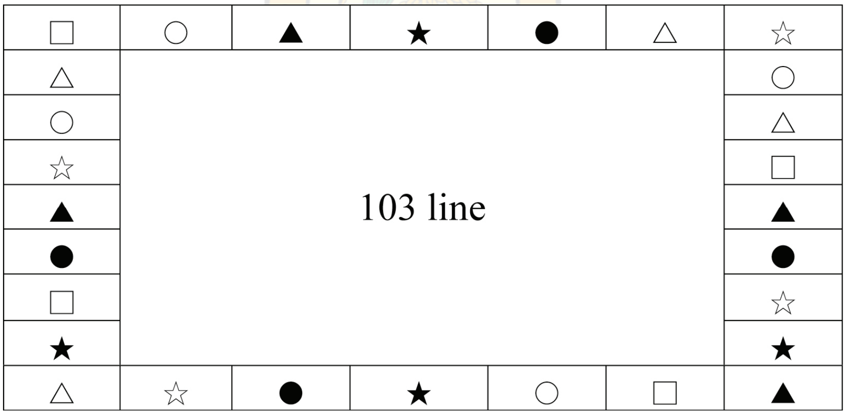


圖 1. 轉殖 *ipt* 基因青花菜 (103 品系) 及其相關菜種在農業試驗所隔離田之種植配置示意圖。□：花椰菜-‘麗雪’；○：白花芥藍-‘富悅’；●：黃花芥藍-‘白格林’；△：小油菜-‘小油菜’；▲：白菜-‘小白菜’；☆：青花菜‘綠王’；★：青花菜-104 品系 (CK)。

Fig. 1. Field layout for transgenic *ipt* broccoli (103 line) and its close relatives planted in isolated plot of Taiwan Agricultural Research Institute. □, *Brassica oleracea* var. *botrytis*-‘Li Syue’; ○, *Brassica oleracea* var. *alboglabra*-‘Fu Yue’; ●, *Brassica oleracea* var. *alboglabra*-‘Bai Ge Lin’; △, *Brassica rapa*-‘Rapa’; ▲, *Brassica rapa* var. *chinensis*-‘Pakchoi’; ☆, *Brassica oleracea* var. *Italica*-‘Green King’; ★, *Brassica oleracea* var. *Italica*-104 line (CK).

盆栽 (26 cm × 29 cm)。盆內栽培介質混合複合肥料一號 (台灣肥料股份有限公司出品)，其施用量為 N：P_2O_5：K_2O = 270：150：200 kg/ha，分 4 次施用，每隔 20 天施用 1 次，其間並送至可調控溫度之人工光源室進行為期 1 個月的春化處理 (日/夜溫為 20/10℃)，待至抽苔時再分別移入隔離溫室進行人工授粉或進行蜜蜂授粉試驗。授粉 1 星期後，所收穫的種子，於隔離溫室培育成苗後，再進行後續之葉片材料 PCR 檢測工作。

基因轉殖植體檢測分析

所收穫之雜交後代種子數量，若每株 1000 粒以下時取一半種子，1000 粒以上時取 1/3 量種子 (95%信賴水準下最大取樣誤差為 ± 1.9%) 進行播種。播種培育後，利用 PCR 對幼苗葉片進行檢測 *ipt* 基因是否存在。依 Chen *et al.* (2001) 之 PCR 分析方法，預期 PCR 擴增 *ipt* 之片段大小為 750 bp，據此評估基因轉殖青花菜與其他菜種雜交之後代是否帶有 *ipt* 基因片段。青花菜小苗於定植 3 週後，取 0.5 g 之葉片，依據 Plant Genomic DNA Purification Kit Protocol (Gene Marker, Taiwan) 抽取總 DNA，以確定具轉殖基因之轉殖植株。

聚合酶連鎖反應：所檢測之 *ipt* 基因正向引子 5'-ACCCATGGACCTGCATCTA-3'與逆向引子 5'-GGAGCTCAGGGCTGGCGTAACC-3'進行聚合酶鏈鎖反應，取 1 μg 植物基因組 DNA 作為模版，對照組取 100 ng 質體 DNA 作為模版，加入 200 μM dATP、dTTP、dCTP、dGTP，1× PCR buffer [10 mM Tris-HCl, pH 8.3, 50 mM KCl, 1.5 mM $MgCl_2$, 0.001% (w/v) gelatin]，1.5 units Dynazyme Taq DNA polymerase，引子各 1 μM，總反應體積為 25 μL。反應條件如下：以 94℃加熱 2 分鐘，再經 25 個循環之 94℃處理 1 分鐘，60℃處理 1 分鐘，及再升高到 72℃ 3 分鐘的條件，最後再於 72℃處理 7 分鐘使反應完全後，預期 PCR 擴增 *ipt* 之片段大小為 750 bp。取出樣品至於冰上備用，每個樣品各取 10 μL PCR 產物至 1.2%之瓊脂膠體 (agarose gel)，以電壓 110V 於 0.5× TBE (Tris-Borate-EDTA buffer) 溶液中進行電泳，分析其 DNA 片段。

雜交頻率計算：雜交頻率 (%) = (含轉殖基因株數/總檢測株數) × 100。

花粉活性測定

本試驗各品種（系）每一重複至少觀察 1000 粒花粉粒，花粉活性測定同時採用 3 種不同方法：TTC 染色測定法 (2, 3, 5-triphenyltetrazolium chloride, TTC) (Norton 1966)、螢光染色法 (fluorescent diacetate, FDA) (Heslop-Harrison & Heslop-Harrison 1970) 及花粉離體發芽測定法 (*in vitro* germination) (Seiki *et al.* 1998)。以染色花粉或發芽花粉數佔觀察花粉總數的比率，表示花粉活性的高低。3 種花粉活性測定之操作方法分述如下：

TTC 法：依據 Norton (1966) 之方法，先配置磷酸緩衝液。以 $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 83.2 mg 加上 KH_2PO_4 27.3 mg，加 2 次水定量至 100 mL，並調整 pH 值至 7.1。染劑溶液配置以 35 mg 的氯化三苯基四氮唑 (2, 3, 5-triphenyltetrazolium chloride, TTC) 加入 100 mL 磷酸緩衝液，取 20 μL 染劑滴入每一花藥花粉，30℃培養 20 分鐘。此方法的原理是活細胞內脫氫，活性酵素能將無色的 TTC 還原成不溶於水的紅色沉澱之化合物 formazan，而 formazan 不能滲出細胞外，因此死亡細胞中仍維持為無色，依據染色的分佈部位及顏色深淺，即可判定有活力的花粉變成紅色，無活力的花粉不染色。

FDA 法：依據 Heslop-Harrison & Heslop-Harrison (1970) 之方法，以雙醋酸螢光素 (fluorescent diacetate, FDA) 測試細胞是否具有活性。首先配製 0.5% (W/V) 之雙醋酸螢光素溶於丙酮中備用，然後採摘每個花藥加入 20 μL 之 16% 蔗糖溶液中，再加上 10 μL 雙醋酸螢光素，混合後滴在載玻片上，蓋上蓋玻片，於螢光顯微

鏡下進行觀察，即可判定具有活性花粉細胞發出綠色螢光，無活性之花粉細胞則無螢光，可統計出花粉細胞存活率。

花粉離體發芽測定法：依 Seiki *et al.* (1998) 液體培養基配方加以修正，觀察基因轉殖青花菜與其受體品種及相近菜種花粉的離體發芽情形。培養基之發芽液配方為 H_3BO_3 80 ppm、$CaCl_2$ 80 ppm、BSA 0.4%及 Sucrose 16%，以 H_2O 定量至 100 mL。在青花菜花蕾開裂前，以鑷子取出花藥，放入載玻片上加入 10 μL 液體培養基，夾破花藥釋放出花粉粒後，充分將花粉粒分佈均勻，蓋上蓋玻片，於 25℃培養 2 小時，在顯微鏡下計算花粉發芽數目，以花粉管長度大於 1/2 花粉粒直徑作為花粉發芽之判定標準。

統計分析

基因轉殖青花菜與其花粉接受親 (非基因轉殖青花菜及相近菜種) 間之花粉活性測定及雜交頻度的差異顯著性測驗，係利用 SAS 9.1 統計分析軟體 (SAS Institute, Inc. 2004) 進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 及最小顯著差異性 (least significant difference, LSD) 測驗。

結 果

基因轉殖青花菜與相近菜種之花期重疊觀察

基因轉殖青花菜透過花粉將基因流佈至相近菜種，花期重疊是必要基本條件。在正常栽培條件下青花菜及其他菜種，雖然開花期有早晚之分，但由於花期較長，作物間具有不同程度的開花重疊期，2007 年間之重疊期可達 3–28 天，以白花芥藍‘富悅’3 天之花期重疊天數最短，‘綠王’、黃花芥藍‘白格林’、小白菜及 104 品系之花期重疊 28 天最長；在 2008 年間花期重疊亦達 8–44 天，以白花芥藍‘富悅’8 天之花期重疊天數最短，‘綠王’及 104 品系之花期重疊 44 天最長 (表 1)。

花粉活性測定

以兩種染色法 (TTC 及 FDA) 及離體發芽法分析青花菜及各供試品種 (系) 間之花粉活性。檢測結果顯示，以 FDA 法檢測各品種 (系) 間差異均未達顯著水準 ($P > 0.05$)；TTC 法檢測各品種 (系) 間有顯著差異存在 ($P < 0.05$)，以小白菜及小油菜各 79.9%及 78.2%花粉活性為最高，‘麗雪’、‘富悅’、‘白格林’、103

表 1. 轉殖 *ipt* 基因青花菜 (103 品系) 及其相關菜種之花期重疊性 (2007 及 2008 年)

Table 1. Overlapped of flowering periods for transgenic *ipt* broccoli (103 line) and its close relatives (in 2007 and 2008)

Variety (line)	Flowering period (month/day)		No. flowering days		Overlapped flowering days	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Brassica oleracea var. *italica*-103 line	1/22–2/18	1/05–2/17	28	44	—	—
Brassica oleracea var. *italica*-‘Green King’	1/18–2/28	12/29–2/17	42	51	28	44
Brassica oleracea var. *alboglabra*-‘Fu Yue’	2/02–2/04	1/19–1/26	3	8	3	8
Brassica oleracea var. *alboglabra*-‘Bai Ge Lin’	1/24–2/23	1/06–1/30	31	25	28	25
Brassica oleracea var. *botrytis*-‘Li Syue’	1/31–2/18	2/07–2/16	19	10	19	10
Brassica rapa-‘Edible rape’	1/15–2/10	1/13–2/01	27	20	27	20
Brassica rapa var. *chinensis*-‘Pakchoi’	1/15–2/22	1/29–2/18	39	21	28	21
Brassica oleracea var. *italica*-104 line (CK)	1/15–2/18	1/05–2/17	35	44	28	44

品系、104 品系 (CK) 次之，介於 56.8−72.6% 之間，而以‘綠王’49.2%為最低。103 品系為 62.6%，104 品系 (CK) 為 56.8%，顯示轉殖品系花粉具有相當之活性。離體發芽法檢測則以油菜 34.1%最高，小白菜 20.9%次之，‘富悅’、‘綠王’、‘麗雪’、103 品系則介於 6.8–12.7%間，而以 104 品系 (CK)、‘白格林’最低 (4.4–5.8%)。103 品系之花粉活性 7.3%、104 品系 (CK) 為 5.8% (表 2)，亦顯示出轉殖品系花粉仍具有活性。

利用 103 品系為花粉貢獻親，其 F_1 雜交後代以 FDA 法檢測，結果顯示母本為 103 品系、‘綠王’、花椰菜‘麗雪’、104 品系 (CK) 之 F_1 後代的花粉活性較母本為白花芥藍‘富悅’及黃花芥藍‘白格林’之 F_1 後代高且達顯著差異水準 ($P < 0.05$)；TTC 法檢測 F_1 雜交後代花粉結果顯示母本為花椰菜‘麗雪’之 F_1 後代的花粉活性最高 (75.0%)，而母本為 103 品系之 F_1 後代的花粉活性較母本為 104 品系 (CK) 的 F_1 後代為高。離體發芽法檢測 F_1 雜交後代則以母本為花椰菜‘麗雪’之 F_1 後代的花粉活性最低 (4.0%)，而母本為 103 品系之 F_1 後代的花粉活性與母本為 104 品系 (CK) 之 F_1 後代沒有顯著差異，顯示出轉殖品系 F_1 雜交後代仍具有相當的花粉活性 (表 3)。

人工雜交、蜜蜂授粉及田間之自然雜交試驗

以轉殖 103 品系為父本，‘綠王’、104 (CK)、‘富悅’、‘麗雪’、‘白格林’、小白菜及小油菜為母本，分別進行人工雜交後，將所收穫的種子催芽播種。小苗經 PCR 檢測帶有 *ipt* 基因之雜交後代比例 (圖 2)，以‘綠王’、104 品系 (CK)、‘富悅’、‘麗雪’及‘白格林’較高，分別為 95.8、92.2、100、95.1、86.0%，而小油菜及小白菜雜交授粉後稔實率為 0%，明顯較其他甘藍變種為低 (表 4)。蜜蜂雜交授粉試驗部份，以花椰菜‘麗雪’之雜交率最高為 42.5%，其次白花芥藍‘富悅’為 37.8%，其餘材料之雜交率皆不到 10% (表 4)。‘富悅’、小油菜、小白菜之田間自然雜交率近於零，而其他品種 (系) 雜交率也甚低，低於 10% (表 4)。綜合以上結果，顯示基因轉殖青花菜的外源基因在人工雜交、蜜蜂雜交和田間自然授粉條件下向周圍非轉殖作物的基因流佈是存在的。

表 **2.** 轉殖 *ipt* 基因青花菜 (103 品系) 與其相關菜種利用 FDA、TTC 及離體發芽法分析花粉活性之比較

Table 2. Pollen viability of transgenic *ipt* broccoli (103 line) and its close relatives by FDA, TTC and *in vitro* germination tests

Variety (line)	Pollen viability (%)		
	FDA	TTC	*in vitro* germination
Brassica oleracea var. *italica*-103 line	71.6 ± 3.9 a [z]	62.6 ± 3.9 ab	7.3 ± 1.0 c
Brassica oleracea var. *italic* -‘Green King’	73.9 ± 6.6 a	49.2 ± 17.9 c	12.5 ± 1.7 c
Brassica oleracea var. *alboglabra*-‘Fu Yue’	78.5 ± 4.1 a	70.4 ± 4.0 ab	12.7 ± 3.0 c
Brassica oleracea var. *alboglabra*-‘Bai Ge Lin’	72.3 ± 4.7 a	68.0 ± 3.6 ab	4.4 ± 0.3 d
Brassica oleracea var. *botrytis*-‘Li Syue’	73.5 ± 3.5 a	72.6 ± 7.4 ab	10.7 ± 1.4 c
Brassica rapa-‘Edible rape’	72.7 ± 16.2 a	78.2 ± 3.2 a	34.1 ± 4.2 a
Brassica rapa var. *chinensis*-‘Pakchoi’	70.5 ± 14.2 a	79.9 ± 4.1 a	20.9 ± 3.1 b
Brassica oleracea var. *italica*-104 line (CK)	65.6 ± 2.9 a	56.8 ± 8.4 b	5.8 ± 1.7 d

[z] Mean ± standard error (n = 4); each value in the same column followed by the same letter are not different at 5% significant level by LSD test.

表 3. 轉殖 *ipt* 基因青花菜（103 品系）與其相關菜種之 F_1 雜交後代利用 FDA、TTC 及離體發芽法分析花粉活性之比較

Table 3. Pollen viability of F_1 progenies between transgenic *ipt* broccoli (103 line) and its close relatives by FDA, TTC and *in vitro* germination tests

Variety (line) as pollen recipient	Pollen viability (%)		
	FDA	TTC	*in vitro* germination
Bassica oleracea var. *italica*-103 line	71.6 ± 3.9 ab [z]	62.6 ± 3.9 ab	7.3 ± 1.0 ab
Brassica oleracea var. *italica*-'Green King'	79.9 ± 2.3 a	69.6 ± 5.2 ab	6.9 ± 1.7 ab
Brassica oleracea var. *alboglabra*-'Fu Yue'	63.6 ± 5.6 bc	40.9 ± 1.6 c	5.1 ± 0.6 b
Brassica oleracea var. *alboglabra*-'Bai Ge Lin'	55.5 ± 2.8 c	62.7 ± 1.4 ab	9.9 ± 3.1 a
Brassica oleracea var. *botrytis*-'Li Syue'	76.3 ± 2.6 a	75.0 ± 5.7 a	4.0 ± 0.6 b
Brassica rapa-'Edible rape'	—	—	—
Brassica rapa var. *chinensis*-'Pakchoi'	—	—	—
Brassica oleracea var. *italica*-104 line (CK)	77.0 ± 0.8 a	59.6 ± 5.6 b	5.2 ± 1.1 b

[z] Mean ± standard error (n = 4); each value in the same column followed by the same letter are not different at 5% significant level by LSD test.

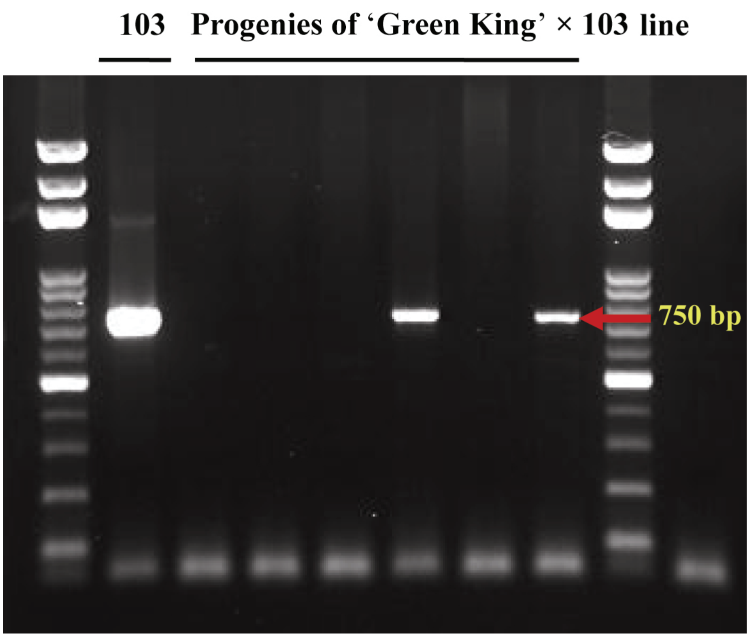


圖 2. 轉殖 *ipt* 基因青花菜（103 品系）與'綠王'在田間自然雜交之後代的 PCR 檢測。使用專一性引子預期擴增的 DNA 大小為 750 bp，專一性條帶位置以箭頭標式於圖右側。

Fig. 2. PCR analysis for natural outcross between transgenic *ipt* broccoli (103 line) and 'Green King' broccoli in isolated plot. DNA fragment of expected size of 750 bp amplified from the transgenic lines by PCR using the primers specific to the foreign gene. The specific fragment was indicated by a arrowhead on the right.

表 4. 轉殖 *ipt* 基因青花菜 (103 品系) 與其相關菜種經由人工雜交、蜜蜂授粉、田間自然雜交之雜交率比較

Table 4. Hybridization percentage between transgenic *ipt* broccoli (103 line) and its close relatives by hand, bees and natural pollination

Variety (line) as pollen recipient	Hybridization percentage (%)		
	Hand pollination	Bee pollination	Natural pollination
Brassica oleracea var. *italica*-'Green King'	95.8 ± 3.6 a [z]	7.5 ± 6.2 b	6.4 ± 1.8 a
Brassica oleracea var. *alboglabra*-'Fu Yue'	100.0 ± 0.0 a	37.8 ± 4.0 a	—
Brassica oleracea var. *alboglabra*-'Bai Ge Lin'	86.0 ± 11.5 a	1.1 ± 0.5 b	1.1 ± 0.5 b
Brassica oleracea var. *botrytis*-'Li Syue'	95.1 ± 4.3 a	42.5 ± 15.0 a	9.0 ± 4.7 a
Brassica rapa-'Edible rape'	—	—	—
Brassica rapa var. *chinensis*-'Pakchoi'	—	—	—
Brassica oleracea var. *italica*-104 (CK)	92.2 ± 7.1 a	2.6 ± 1.3 b	2.1 ± 1.5 b

[z] Mean ± standard error (n = 4); each value in the same column followed by the same letter are not different at 5% significant level by using LSD test.

討　論

隨著各種基因轉殖作物的環境釋放與大規模商品化的生產，轉殖基因是否會藉由花粉流佈至同一品種、相關的菜種或野生種中，從而引起環境及食品的安全性問題，是國際上對 GMO 商業化之前安全評估的關鍵內容，有必要以科學為基礎的客觀評估。在台灣，蕓苔屬作物包括青花菜、花椰菜、芥藍等大多數為越冬作物，一般可分為商業化栽培生產與採種生產。商業化栽培生產是於秋季播種，若為採種生產則須留至翌年春季開花。若青花菜栽培發生在採後棄田，使青花菜進入開花期及發生於留種田，使得這些作物進入開花期，雖栽種地點與時間有所區隔，但仍可能導致高度花期相遇。況且，生長期較長，且同一區域各類蕓苔屬作物均有種植，相鄰生長且分佈重疊性高，其開花期亦長，多屬無限花序作物 (indeterminate inflorescence crops)，因此在正常栽培條件下，與大多數相近菜種在開花時間上較為一致，花期具有不同程度的重疊期，極易發生天然雜交 (Paul *et al.* 1995; Brown *et al.* 1996; Moyes *et al.* 2002; Simard & Legere 2004; FitzJohn *et al.* 2007)。而在雜交育種中，為解決親本花期不一致及遠距離雜交問題，必需瞭解花粉的運動及其生活力，如花粉與柱頭、花粉管與花柱及雌雄配子之間的相互作用。花粉傳播是種子植物族群生活史中一個重要生命活動現象，是種子植物受精的必經階段。花粉的運動在很大程度上決定了植物個體間的基因流佈及群體的交配方式，對族群的遺傳與變異起著重要作用。花粉以雄性結構傳送到雌性結構表面需借助一定的媒介，並跨越一定的空間。同時，花粉必須在具有活力時到達適宜的接受柱頭才能完成授粉過程，即柱頭處於可授粉期。花粉保持活力的時間長短與柱頭可授粉期的長短組合在一起，深刻影響著開花不同階段的授粉成功率。植物族群能否進行有效的繁殖，授粉效率至為重要 (Knox *et al.* 1986; Stone *et al.* 1995; Dafni & Firmage 2000)。本研究結果顯示，基因轉殖 *ipt* 青花菜與相近菜種之花期重疊期可高達 44 天，以'綠王'及 104 品系 (CK) 之花期重疊期為 28–44 天最長，'白格林'為 25–28 天，小白菜為 21–28 天及小油菜為 20–27 天，

可能發生花粉流佈的現象。花期重疊與否是產生基因流佈的基礎，亦是作物雜交育種成敗之首要關鍵。而白花芥藍‘富悅’之花期重疊期僅 3–8 天，與花椰菜‘麗雪’為 10–19 天 (表 1)，相較之下花期重疊期較短，基因流佈的程度也相對較低。本試驗在田間自然相近菜種雜交試驗中，白花芥藍‘富悅’未得到雜交後代種子，推測可能由於花期過短，授粉重疊期只有 3–8 天所致 (表 1、表 4)。

雜交是否成功的先決因子為花粉活性，此不僅與品種有關，也與開花時外界環境因素如溫度、濕度等密切相關 (Barton & Dracup 2000; Wu *et al*. 2008)。利用染色法進行花粉活性測定有快速簡便的優點，但易受花粉特性的影響，因此染色法只適合某些特定植物之花粉活性測定，其中以 TTC 法較為常用；此外，染色法雖可直接反映出花粉的代謝情形或營養物質的含量，但由於具有發芽能力的花粉在授粉後未必能正常稔實，無法直接表現花粉的發芽率。本試驗中以 TTC 法檢測之花粉活性較 FDA 法所得者低 (表 2)，推測可能是由於花粉外壁太厚，TTC 溶液進入花粉內受到限制的緣故。本試驗進行之花粉離體發芽法亦依據 Seiki *et al.* (1998) 液體培養基配方加以修正，結果顯示出花粉離體發芽除花椰菜‘麗雪’之花粉活性較低外，其他品種 (系) 差異並不顯著 (表 3)，顯示出轉殖品系花粉仍具有相當活性。因此就整體而言，花粉離體發芽法的結果較直接可靠，且方法簡單、迅速、合理，是唯一可適用於所有植物的花粉活性測定，但不同材料需要不同的培養基，故培養條件有差異時，測定結果可能有差異，尤其是蔗糖濃度對花粉活性的影響較大 (Barton & Dracup 2000)。值得一提的是花粉活性高並不全代表其雜交率高，而只是具有相當的雜交潛力。

除花粉活性之外，親和性是發生基因流佈的首要條件。由於蕓苔屬作物之基因組間存在部分同源性，各個物種間均具有親緣關係，種間雜交具有不同程度的親和性，雜交後代在自然授粉條件下或回交情況下，能正常繁殖且可稔性續漸恢復 (Pertl *et al*. 2002; FitzJohn *et al*. 2007)。雖然大油菜與其他二倍體之種間雜交組合之稔實能力存在顯著差異，但各雜交組合稔實率的總變幅並沒有超過親本間的變幅範圍 (Watts 1968; Nishiyama *et al*. 1991; Jørgensen & Andersen 1994; Moyes *et al.* 2002)。本試驗亦發現轉殖 *ipt* 基因青花菜 (103 品系) 與其他材料間之 F_1 雜交後代之花粉活性及雜交能力，並沒有超過非基因轉殖青花菜的變幅範圍 (表 3、表 4)。其他相關研究亦指出，不同作物與其野生種之間的雜交率不同，同一作物在不同條件下與其野生種的雜交率也多少存在差異，如各種植物的花期、生長勢、隔離情形、昆蟲分布及氣候都會影響其表現 (Mikkelsen *et al*. 1996; Cherve *et al.* 1997, 2000)，此是否揭示出每一個基因轉殖材料的花粉活性與其相近菜種雜交之稔實率具有不一致的現象，且可能與整個雜交稔實過程中諸多影響因素有關，有待進一步的探研。

若從整體族群觀點上探究基因流佈的程序，順序是主要的關鍵，單一原因所造成的基因頻率改變的結果，在整體環節上並不太重要，重要的是應注意其連鎖反應是否會導致整個生態系結構性的改變 (Ellstrand 2003; Liao *et al*. 2010)。依據基因轉殖安全評估的個案原則，透過檢測受體植株後代的除草劑抗性檢測基因轉殖油菜花粉的流佈頻率，研究發現抗除草劑基因轉殖油菜花粉向傳統油菜品種的基因流佈頻率，其花粉流佈距離達 2000 m，且隨著與花粉源區距離的增加而減少，但在距花粉源區 33.5–2000 m 的範圍內，花粉流佈頻率均低於 0.015%，且並不隨距離增加而逐漸下降，表現出花粉長距離流佈和授粉的逢機性，絕大多數花粉散佈在花粉源區周圍 4.5 m 範圍內，其

中最大流佈頻率為 1.19%，出現在距源區 1.4 m 的樣區，風向顯著影響花粉流佈的方向與距離，但授粉昆蟲蜜蜂的數量與花粉流佈方向與距離沒有相關性，表明花粉流佈的方向性差異並不是由於蜜蜂的數量及分佈所引起的 (Beckie *et al*. 2003; Li *et al*. 2008)。由本試驗結果得知，基因轉殖青花菜的外源基因在人工雜交和田間自然授粉條件下向周圍非基因轉殖的基因流佈是存在的，但基因轉殖青花菜只有與種內品種 (如白花芥藍'富悅'、黃花芥藍'白格林'、花椰菜'麗雪') 間才有可能發生基因流佈，而與其他不同種植物 (如小油菜及小白菜) 較難發生基因流佈 (表 4)，此符合所發生之生物學基礎現象 (Pertl *et al*. 2002)。亦即從蕓苔屬的種屬間之遺傳關係來看，其種間雜交親和性與基因流佈頻率高度相關，是種間產生基因流佈的生物學基礎 (Honma & Summers 1976; Damgaard & Kjellsson 2005; FitzJohn *et al*. 2007)。因此，本試驗推論可依據作物之基因流佈頻率的研究結果，來制定相應的生物安全監測和管理措施。

引用文獻 (Literature cited)

Andow, D. A. and C. Zwahlen. 2006. Assessing environmental risks of transgenic plants. Ecol. Lett. 9: 196–214.

Ayotte, R., P. M. Harney, and V. Souza Machado. 1987. The transfer of triazine resistance from *Brassica napus* L. to *B. oleracea* L. I. Production of F_1 hybrids through embryo rescue. Euphytica 36:615–624.

Barton, J. E. and M. Dracup. 2000. Genetically modified crops and the environment. Agron. J. 92:797–803.

Beckie, H. J., S. I. Warwick, H. Nair, and G. Séguin-Swartz. 2003. Gene flow in commercial fields of herbicide-resistant canola (*Brassica napus*). Ecol. Appl. 13:1276–1294.

Bing, D. J., R. K. Downey, and G. F. W. Rakow. 1996. Assessment of transgene escape from *Brassica rapa* (*B. campestris*) into *B. nigra* or *Sinapis arvensis*. Plant Breed. 115:1–4.

Brown, A. P., J. Brown, D. C. Thill, and T. A. Brammer. 1996. Gene transfer between canola (*Brassica napus*) and related weed species. Cruciferae Newsl. 18:36–37.

Chan, L. F., L. F. O. Chen, H. Y. Lu, C. H. Lin, H. C. Huang, M. Y. Ting, Y. M. Chang, C. Y. Lin, and M. T. Wu. 2009. Growth, yield and shelf-life of isopentenyltransferase (*ipt*)-gene transformed broccoli. Can. J. Plant Sci. 89:701–711.

Chandler, S. and J. M. Dunwell. 2008. Gene flow, risk assessment and the environmental release of transgenic plants. Criti. Rev. Plant Sci. 27:25–49.

Chen, L. F. O., J. Y. Hwang, Y. Y. Charng, C. W. Sun, and S. F. Yang. 2001. Transformation of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) with isopentenyltransferase gene via *Agrobacterium tumefaciens* for post-harvest yellowing retardation. Mol. Breed. 7:243–257.

Chen, L. J., D. S. Lee, Z. P. Song, H. S. Suh, and B. R. Lu. 2004. Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives. Ann. Bot. 93:67–73.

Chevre, A. M., F. Eber, A. Baranger, and M. Renard. 1997. Gene flow from transgenic crops. Nature 389:924.

Chevre, A. M., F. Eber, H. Darmency, A. Fleury, H. Picault, J. C. Letanneur, and M. Renard. 2000. Assessment of interspecific hybridization between transgenic oilseed rape and wild radish under agronomic conditions. Theor. Appl. Genet. 100:1233–1239.

Chiang, M. S. 1974. Cabbage pollen germination and longevity. Euphytica 23:579–584.

Crawley, M. J., S. L . Brown, R. S. Hails, D. D. Kohn, and M. Rees. 2001. Transgenic crops in natural habitats. Nature 409:682–683.

Dafni, A. and D. Firmage. 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. Plant Syst. Evol. 222:113–132.

Damgaard, C. and G. Kjellsson. 2005. Gene flow of oilseed rape (*Brassica napus*) according to isolation distance and bufferzone. Agric. Ecosyst. Environ. 108:291–301.

Ellstrand, N. C. 2003. Current knowledge of gene flow in plants: implications for transgene flow. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci. 358:1163–1170.

Ellstrand, N. C., H. C. Prentice, and J. F. Hancock. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants to their wild relatives. Annu. Rev. Ecol. Syst. 30:539–563.

FitzJohn, R. G., T. T. Armstrong, L. E. Newstrom-Lloyd, A. D. Wilton, and M. Cochrane. 2007. Hybridisation within *Brassica* and allied genera: evaluation of potential for transgene escape. Euphytica 158:209–230.

Hansen, L. B., H. R. Siegismund, and R. B. Jørgensen. 2001. Introgression between oilseed rape (*Brassica napus* L.) and its weedy relative *B. rapa* L. in a natural population. Genet. Resour. Crop Evol. 48: 621–627.

Haygood, R., A. R. Ives, and D. A. Andow. 2003. Consequences of recurrent gene flow from crops to wild relatives. Proc. R. Soc. Lond. B 270:1879– 1886.

Heslop-Harrison, J. and Y. Heslop-Harrison. 1970. Evaluation of pollen viability by enzymatically induced fluorescence; intracellular hydrolysis of fluorescein diacetate. Biotech. Histochem. 45:115–120.

Hokanson, S. C., J. F. Hancock, and R. Grumet. 1997. Direct comparison of pollen-mediated movement of native and engineered genes. Euphytica 96: 397–403.

Honma, S. and W. L. Summers. 1976. Interspecific hybridization between *Brassica napus* L. (*Napobrassica* group) and *B. oleracea* L. (*Botrytis* group). J. Am. Soc. Hort. Sci. 101:299–302.

Inomata, N. 1988. Intergeneric hybridization between *Brassica napus* and *Sinapis arvensis* and their crossability. Cruciferae Newsl. 13:22–23.

James, C. 2009. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009. ISAAA Brief No.41. ISAAA. Ithaca, New York.

Jørgensen, R. B. and B. Andersen. 1994. Spontaneous hybridization between oilseed rape (*Brassica napus*) and weedy *B. campestris* (*Brassicaceae*) a risk of growing genetically modified oilseed rape. Am. J. Bot. 81:1620–1626.

Jørgensen, R. B., B. Andersen, A. Snow, and T. P. Hauser. 1999. Ecological risks of growing genetically modified crops. Plant Biotechnol. 16:69–71.

Knox, R. B., E. G. Williams, and C. Dumas. 1986. Pollen, pistil and reproductive function in crop plants. Plant Breed. Rev. 5:14–79.

Kuparinen, A., F. Schurr, O. Tackenberg, and R. B. O'Hara. 2007. Air-mediated pollen flow from genetically modified to conventional crops. Ecol. Appl. 17: 431–440.

Lefol, E., A. Fleury, and H. Darmency. 1996a. Gene dispersal from transgenic crops II. Hybridization between oilseed rape and the wild hoary mustard. Sex. Plant Reprod. 9:189–196.

Lefol, E., V. Danielou, and H. Darmency. 1996b. Predicting hybridization between transgenic oilseed rape and wild mustard. Field Crops Res. 45:153–161.

Li, C., B. W. Zhou, X. L. Guo, C. H. Dong, X. J. Hu, M. S. Hou, and S. Y. Liu. 2008. Pollen-mediated gene flow in Chinese commercial fields of glufosinate-resistant canola (*Brassica napus*). Chinese Sci. Bull. 53:2333–2341. (in Chinese with English abstract)

Liao, H. M., C. Wu, Y. C. Cao, Q. Gao, and G. H. Wang. 2010. Structural characteristics and subgroup of rapeseed gene-flow network. Chinese Bull. Bot. 45:162–173. (in Chinese with English abstract)

Lu, B. R. and A. A. Snow. 2005. Gene flow from genetically modified rice and its environmental consequences. BioScience 55:669–678.

Mikkelsen, T. R., B. Andersen, and R. B. Jørgensen. 1996. The risk of crop transgene spread. Nature 380:31.

Moyes, C. L, J. M. Lilley, and C. A. Casais. 2002. Barriers to gene flow from oilseed rape (*Brassica napus*) into populations of *Sinapis arvensis*. Mol. Ecol. 11: 103–120.

Nishiyama, I., M. Sarashima, and Y. Matsuzawa. 1991. Critical discussion on abortive interspecific crosses in *Brassica*. Plant Breed. 107:288–302.

Norton, J. D. 1966. Testing of plum pollen viability with tetrazolium salts. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89: 132–134.

Paul, E. M., C. Thompson, and J. M. Dunwell. 1995. Gene dispersal from genetically modified oilseed rape in the field. Euphytica 81:283–289

Pertl, M., T. P. Hauser, C. Damgaard, and R. B. Jørgensen. 2002. Male fitness of oilseed rape (*Brassica napus*), weedy *B. rapa* and their F_1 hybrids when pollinating *B. rapa* seeds. Heredity 89:212–218.

Prakash, S. and K. Hinata. 1980. Taxonomy, cytogenetics and origin of crop *Brassicas*, a review. Opera Bot. 55:1–57.

Ramessar, K., A. Peremarti, S. Go´mez-Galera, S. Naqvi, M. Moralejo, P. Mun˜oz, T. Capell, and P. Christou. 2007. Biosafety and risk assessment framework for selectable marker genes in transgenic crop plants: a case of the science not supporting the politics. Transgenic Res. 16:261–280.

Rodriguez-Riano, T. and A. Dafni. 2000. A new procedure to assess pollen viability. Sex. Plant Reprod. 12: 241–244.

Rong, J., B. R. Lu, Z. P. Song, J. Su, A. A. Snow, X. S. Zhang, S. G. Sun, R. Chen, and F. Wang. 2007. Dramatic reduction of crop-to-crop gene flow within a short distance from transgenic rice fields. New Phytologist 173:346–353.

Roy, N. N. 1980. Species crossability and early generation plant fertility in interspecific crosses of *Brassica*. SABRAO J. 12:43–53.

Sarla, N. and R. N. Raut. 1988. Synthesis of *Brassica carinata* from *B. nigra* × *B. oleracea* hybrids obtained by ovary culture. Theor. Appl. Genet. 76: 846–849.

Sarmah, B. K. and N. Sarla. 1998. *Erucastrum abyssinicum* × *Brassica oleracea* hybrids obtained by ovary and ovule culture. Euphytica 102:37–45.

SAS Institute, Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Version 8. SAS Institute, Inc., Cary, NC. 5136 pp.

Scheffler, J. A. and P. J. Dale. 1994. Opportunities for gene transfer from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*) to related species. Transgenic Res. 3:263–278.

Scheffler, J. A., R. Parkinson, and P. J. Dale. 1993. Frequency and distance of pollen dispersal from transgenic oil seed rape (*Brassica napus).* Transgenic Res. 2:356–364.

Schuler, T. H., G. M. Poppy, B. R. Kerry, and I. Denholm. 1999. Potential side effect of insect-resistant transgenic plants on arthropod natural enemies. Trends Biotechnol. 17:210–216.

Seiki, S., N. Katoh, S. Iwai, and M. Hagimori. 1998. Establishment of reliable methods of in vitro pollen germination and pollen preservation of *Brassica rapa* (*syn*. *B*. *campestris*). Euphytica 103: 29–33.

Sharma, D. R., R. Kaur, and K. Kumar. 1996. Embryo rescue in plants-a review. Euphytica 89:325–337.

Shivanna, K. R., H. F. Linskens, and M. Cresti. 1991. Pollen viability and pollen vigour. Theore. Appl. Genet. 81:38–42.

Simard, M. J. and A. Legere. 2004. Synchrony of flowering between canola and wild radish (*Raphanus raphanistrum*). Weed Sci. 52:905–912.

Song, Z. P., B. R. Lu, and J. K. Chen. 2004. Pollen flow of cultivated rice measured under experimental conditions. Biodiv Conserv. 13:579–590. (in Chinese with English abstract)

Sridevi, O. and N. Sarla. 1996. Reciprocal hybridization between *Sinapis alba* and *Brassica* species. Cruciferae Newsl. 18:16.

Stewart, A. V. 2002. A review of *Brassica* species, cross-pollination and implications for pure seed production in New Zealand. Agron. N. Z. 32:63–82.

Stone, J. L., J. D. Thomson, and S. J. Dent-Acosta. 1995. Assessment of pollen viability in hand-pollination experiments: a review. Am. J. Bot. 82:1186–1197.

Watts, L. E. 1968. Natural cross-pollination and the identification of hybrids between botanical varieties of *Brassica oleracea* L. Euphytica 17:74–80.

Wei, X. H., X. P. Yuan, H. Y. Yu, Y. P. Wang, S. X. Tang, X. Y. Liao. 2005. Effects of transgenes insertion on pollen vigor and hybrid seed set of rice. Chinese J. Appl. Ecol. 16:115–118. (in Chinese with English abstract)

Wu, C., S. M. Tang, Y. Zhang, and C. L. Zhong. 2008. Advances of research on plant pollen culture. Chinese Agric. Sci. Bull. 24:146–149. (in Chinese with English abstract)

Pollen Viability and Cross Ability of Isopentenyl Transferase (*ipt*)-Gene Transformed Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and Its Relatives[1]

Po-Yu Ting[2], Hsiang Chang[3], Yu-Wen Kao[3], Hsiu-Ying Lu[4], Long-Fang O. Chen[5], Min-Tze Wu[3], and Lit-Fu Chan[3,6]

Abstract

Ting, P. Y., H. Chang, Y. W. Kao, H. Y. Lu, L. F. O. Chen, M. T. Wu, and L. F. Chan. 2010. Pollen viability and cross ability of isopentenyl transferase (*ipt*)-gene transformed broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and its relatives. J. Taiwan Agric. Res. 59:261–274.

Gene flow is an important index for environmental biosafety assessments. Pollens are potential carriers for genetically modified DNA to other plants. For phanerogams, pollen viability and cross-compatibility are key factors for successful outcross hybridization. In this study, broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) transformed with the *ipt* gene, designated as line 103 was used to investigate its potential outcross by pollen viability test and pollination with non-transgenic broccolis (line 104 and cv. 'Green King') and closely 5 related varieties, such as Chinese kales (*B. oleracea* var. *alboglabra*) 'Fu Yue' (white flower) and 'Bai Ge Lin' (yellow flower), cauliflower (*B. oleracea* var. *botrytis*) 'Li Syue', Pakchoi (*B. rapa* var. *chinensis*), and edible rape (*B. rapa*). These results provide valuable information for isolation and co-cultivation systems. Under field condition, flowering periods of transgenic *ipt* broccoli and non transgenic recipients were overlapping by 3–28 days in 2007 and 8–44 days in 2008. The pollen viability of F_1 hybrids was determined by TTC (triphenyl tetrazolium chloride) method, FDA (fluorescein diacetate assay) and *in vitro* germination. The FDA showed no significant difference ($p > 0.05$) in pollen viability among transgenic line 103, non-transgenic and other tested cultivars. However, the differences of pollen viabilities were significant ($p<0.05$) using TTC and *in vitro* germination. This result indicated that the cross abilities of transgenic and their hybridized offsprings were still existing. The range of hybridization rates were 86–100%, 1.1–42.5% and 0–9% by hand, insect (bee), and natural pollination, respectively. No hybridization was found from Pakchoi and edible rape as pollen recipients. The results showed that transgenic DNA insertion did not alter potential risk for outcross among broccoli varieties; however, there is possibility of gene transfer between transgenic and non-transgenic broccoli varieties.

Key words: Chinese kale, Gene flow, Hybridization percentage, Overlapped flowering days, Transgenic broccoli.

---

1. Contribution No. 2439 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: December 1, 2010.
2. PhD student, Graduate Institute of Biochemical Sciences and Technology, Chaoyang University of Technology, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Researcher, Project Assistant, Researcher and Director, and Assistant Researcher, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Deputy Director-general, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Deputy Director-general, Institute of Plant and Microbial Biology, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, ROC.
6. Corresponding author, e-mail: leevchan@tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):275–288 (2010)

水稻於良種繁殖制度下之遺傳變異 [1]

吳東鴻[2] 胡凱康[3,4]

摘 要

吳東鴻、胡凱康。2010。水稻於良種繁殖制度下之遺傳變異。台灣農業研究 59:275–288。

本研究的目的為探討水稻良種繁殖三級制度中各級種子之遺傳一致性；以對於 2004 至 2005 年台灣地區良質米水稻品種具有完全鑑別力之 23 個 SSR 標誌為分析工具，而各品種遺傳組成之標準資料，係以 2004 年第二期作良種繁殖更新計畫中所生產之原原種種子為基礎。標準資料顯示大多品種原始種子與原原種之遺傳組成一致，且為單一基因型，僅台稉 11、16 號與台農秈 22 號以及高雄 139、145 號品種內並存多種基因型。以 2005 年第一期作所衍生的 77 處原種田，探討良種繁殖制度下各原種種子的變異性，各品種與其基礎資料相互比較後，結果顯示大體上品種之原種均與上一期作之原原種遺傳組成一致，但台稉 9 號原種與其原原種部份不一致，及台稉 16 號品種內多基因型並存現象發生變異，與部分台農 71 號原種出現特異基因型。最後建議藉由延後一季單株選拔，在 F_5 世代仍進行單株選拔，待 F_6 ($F_{5:6}$) 世代才混合收穫，其種子整齊度將由 87.5%提升至 93.75%，避免日後逐年進行去偽去雜的工作。

關鍵詞：水稻、良種繁殖制度、簡單重複序列標誌、稉稻、秈稻。

前 言

良種繁殖制度的立意在以計畫性的層層倍增種子數，並經由田間檢查與室內檢查控管品種純度與發芽率等種苗品質，以確保國內水稻種子能維持優良品種之遺傳特性，避免農民自行留種繁殖以至發生品種退化、混雜，使品質下降。除原始種子 (breeder's seed)，由各育種場所自行負責維持各育成品種之原始種子之外，良種繁殖三級制度包含由育成機關設置原原種田，以原始種子生產原原種種子 (foundation seed)；再由縣 (市) 政府輔導優良農民設置原種田，以原原種生產原種種子 (registered seed)；最後由鄉鎮公所或農會委託農民設置採種田，以原種生產採種種子 (certified seed)；並對原原種、原種、採種三者進行種苗檢查作業。

綜觀國內水稻栽培面積中，稉稻佔整體面積約 86%。就 Blair *et al.* (2002) 研究結果顯示在稉稻上每基因座平均所帶有之對偶基因數目

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2441 號。接受日期：99 年 12 月 8 日。
2. 本所作物組助理研究員。台灣 台中市。
3. 國立台灣大學農藝系副教授。台灣 台北市。
4. 通訊作者，E-mail：khwu@ntu.edu.tw，Fax：(02)23620879。

(5.7 alleles) 少於秈稻品種 (8.7 alleles)，換言之，粳稻內對偶基因的變化程度本來已明顯小於秈稻；Wu & Lin (2008) 也曾提及國內粳稻品種的遺傳組成由少數日本粳稻馴化後做為親本而來，因此台灣粳稻的歧異度比一般粳稻更低，外觀形態辨識日漸困難。Garland *et al.* (1999) 認為 SSR 標誌是鑑別澳洲親緣相近的水稻品種之優良工具；而在韓國眾多親緣相近的粳稻上，Song *et al.* (2002) 及 Suh *et al.* (2005) 亦建議以 SSR 標誌作為鑑別工具，且 SSR 分子標誌也具有輔助偵測水稻可區別性、穩定性與均一性的潛力 (Singh *et al.* 2004)。

過去諸多水稻育種研究著重於建構選拔程序之完備性，鮮少研究檢視品種釋出後，良種繁殖更新能否維持該優良品種之純度與種苗品質，避免品種發生變異而喪失原有特性。然在三級良種繁殖更新中，因育種者常於同一品種維持數個姊妹系，對此可能造成品種均一性低落；故本試驗擬藉由分析各級繁殖圃間遺傳組成之一致性，以了解品種內姊妹系存在是否影響良種繁殖更新成效。擬藉由各育成機關於 2004 年良種繁殖更新計畫中所生產之原原種種子，作為本試驗研究建立各品種遺傳組成之標準資料，用以探究各品種內原原種與原種間種子之遺傳組成是否具一致性，並比較品種內各原種田間是否存有差異，以檢視良種繁殖更新之成效。

材料與方法

原始種子與原原種

本研究試驗之參試品種為 2004 年良種繁殖更新計畫中，第二期作所生產之原始種子及原原種種子，係由各育成機關提供其負責繁殖維持的良質米品種，為新育成、或具特殊風味品種；原原種種子為 2004 年第二期作所生產之水稻種子，而原始種子種子則是用以繁殖該原原種之親本種子，共取得 22 個品種，包含台中 191 號 (TC191)、台中秈 10 號 (TCS10)、台中秈糯 1 號 (TCSnGl1)、台東 30 號 (TT30)、台南 11 號 (TN11)、台南糯 10 號 (TNGlu10)、台農秈 22 號 (TNGS22)、台稉 2 號 (TK2)、台稉 4 號 (TK4)、台稉 5 號 (TK5)、台稉 8 號 (TK8)、台稉 9 號 (TK9)、台稉 11 號 (TK11)、台稉 16 號 (TK16)、台稉 17 號 (TK17)、台稉糯 3 號 (TKGlu3)、台稉糯 5 號 (TKGlu5)、花蓮 19 號 (HL19)、花蓮 20 號 (HL20)、高雄 139 號 (KH139)、高雄 143 號 (KH143)、高雄 145 號 (KH145)，各品種分樣取得原始種子種子 20 g 及原原種種子 50 g，以供建立各推廣品種之基因型基礎資料 (表 1)。另自農委會農糧署種子檢查室分樣取得花蓮 20 號、高雄 145 號、台農秈 22 號等新品種，2005 年第一期作原原種圃之抽驗種子，將可供分析品種內原原種間變異分析。

原種

良質米原種種子是由前項原原種繁殖生產，並經種子檢查室於 2005 年第一期作原種田抽驗種子中代表性取樣所得，以 120 至 150 g 重量不等的分樣種子代表各塊原種田，樣品資料登錄如種子檢查室種子檢查紀錄，本參試原種樣品編號並承該室 2005 第一期作抽樣紀錄序號，包含台稉 8 號等 19 個品種 (表 1) 共 77 個原種樣品，其中包含未有基礎資料之台稉 14 號、桃園 1 號與台農 71 號等 21 個原種樣品。初步分析後，另自特定台農 71 號原種戶取得 1 份自行維持之 2006 年台農 71 號原種種子，以供確認 2005 年台農 71 號原種間遺傳變異原由。

SSR 分子標誌

本試驗沿用 Hsieh *et al.* (2007) 所篩選出於台灣稉稻品種間具多型性之 SSR 標誌，如 RM120、RM159、RM163、RM164、RM167、RM210、RM214、RM223、RM235、RM247、RM266、RM276、RM333、RM426、RM440、RM567、RM70 等 17 組，並由 McCouch *et al.*

表 1. 本研究所有參試品種之樣品清單
Table 1. The sample list of all rice materials in this study

Cultivars	Breeding institute [z]	2004 2nd season seed level	2005 1st season registered seeds [y]
HL19	Hualien DARES	Breeder, Foundation	—
HL20	Hualien DARES	Breeder, Foundation	109 (Foundation)
KH139	Kaohsiung DARES	Foundation	69, 93, 94
KH143	Kaohsiung DARES	Foundation	—
KH145	Kaohsiung DARES	Foundation	13 (Foundation), 44
TC191	Taichung DARES	Breeder, Foundation	84
TCS10	Taichung DARES	Breeder, Foundation	89, 95, 96
TCSnGl1	Taichung DARES	Breeder, Foundation	99
TK02	Tainan DARES	Breeder, Foundation	16, 47, 68, 72
TK04	Hualien DARES	Breeder, Foundation	—
TK05	Kaohsiung DARES	Foundation	1, 14, 22, 105
TK08	Tainan DARES	Breeder, Foundation	17, 18, 21, 23, 24, 28, 29, 39, 40, 41, 42, 43, 64, 74, 90, 110, 113, 114
TK09	Taichung DARES	Breeder, Foundation	59, 65, 75, 76, 85, 88
TK11	Kaohsiung DARES	Foundation	15
TK14	Taoyuan DARES	—	19, 20, 60, 97, 102, 104, 105
TK16	Hualien DARES	Breeder, Foundation	25, 26, 30, 31, 45, 50, 51, 62, 63, 108
TK17	Tainan DARES	Breeder, Foundation	27
TKGlu3	Tainan DARES	Breeder, Foundation	32
TKGlu5	Taichung DARES	Breeder, Foundation	100
TN11	Tainan DARES	Breeder, Foundation	—
TNG71	Agricultural research institute	—	38, 49, 56, 57, 61, 66, 70, 71, 73, 77, 87, 91, 98
TNGlu10	Tainan DARES	Breeder, Foundation	33
TNGS22	Chia-Yi Agricultural Experiment Station, TARI	Breeder, Foundation	53 (Foundation)
TT30	Taitung DARES	Breeder, Foundation	46
TY01	Taoyuan DARES	—	103

[z] DARES, District Agricultural Research and Extension Station; TARI, Taiwan Agricultural Research Institute.
[y] The sample number continued with Seed Testing Laboratory, COA.

(2002) 所發表之 SSR 標誌，再篩選出 RM105、RM211、RM215、RM243、RM297 等 5 組引子，以求各多型性引子均勻散佈於整體基因組上 (表 2)。

分析方法

從原始種子中分樣取出 20 粒穀粒，經球磨機 (TissueLyser, Qiagen) 同時混合研磨，作為混合樣品供後續分析；原原種則取 50 粒穀粒作為混合樣品進行研磨。均從中取出粉末 0.15 g 供抽取 DNA，其餘粉末於-20℃冰箱中保存備用。然混合樣品經 SSR 分析後發現混雜基因型時，則該基因座再進行數量不等之單粒分析 (10–48 粒)，以確認該混合樣品之遺傳組成；另對台稉 11、16 號與台農秈 22 號就特定基因座進行大量分析 (96 株)，探究品種內混合基因型之比例。而各原種樣品均取 60 粒穀粒為混合樣品，經上述流程進行分析。

穀粒 DNA 萃取方法是修改自 Zimmermann *et al.* (1998) 的 CTAB 方法而來：取 0.1 g 均質樣品放入 2.0 mL 離心管中，加入 900 µL

表 2. 本研究於 25 個參試品種中具多型性之 23 個 SSR 基因座

Table 2. The basic data of 23 SSR loci which are polymorphic among 25 varieties

Locus	Ch.[z]	Anneal Temp.	Allele no.	PIC.	Panel	Reference[y]
RM105	9	60	3	0.2310	3	(e)
RM120	11	60	2	0.1207	5	(a)
RM159	5	60	3	0.5994	3	(c)
RM163	5	60	4	0.5848	12	(a)
RM164	5	60	4	0.6639	1	(a)
RM167	11	60	3	0.4537	8	(a)
RM210	8	60	4	0.4225	4	(b)
RM211	2	60	2	0.2248	10	(e)
RM214	7	60	4	0.2851	9	(b)
RM215	9	60	3	0.5744	13	(e)
RM223	8	60	3	0.5224	5	(b)
RM235	12	60	4	0.5973	11	(b)
RM243	1	60	3	0.2789	6	(e)
RM247	12	60	3	0.5307	7	(b)
RM266	2	55	8	0.6826	1	(c)
RM266I	2	55	2	0.2830	1	—
RM276	6	55	3	0.5994	2	(c)
RM297	1	60	5	0.5099	6	(e)
RM333	10	55	12	0.8616	2	(c)
RM426	3	60	4	0.5224	3	(d)
RM440	5	60	4	0.3809	4	(d)
RM567	4	60	4	0.6909	2	(d)
RM70	7	55	5	0.5120	1	(b)

[z] Ch., Chromosome; Anneal Temp., Anneal Temperature; PIC., Polymorphism Information Content.
[y] (a) Wu & Tanksley 1993; (b) Chen *et al.* 1997; (c) Temnykh *et al.* 2000; (d) Temnykh *et al.* 2001; (e) McCouch *et al.* 2002.

CTAB-buffer (20 g/L CTAB, 1.4 M NaCl, 0.1 M Tris-HCl, 20 mM Na_2EDTA) 與 2 μL Rnase (10 U/μL)，混合均勻，以 65℃水浴加熱處理 30 分鐘，以 16000 *g* 離心 10 分鐘。將上清液倒入內含 800 μL 氯仿的離心管中，震盪 30 秒後，以 16000 *g* 離心 10 分鐘。取 400 μL 上清液至內含 800 μL CTAB precipitation solution (5 g/L CTAB, 0.04 M NaCl) 的離心管中，混合均勻後置於室溫 60 分鐘，以 16,000 *g* 離心 5 分鐘。倒去上清液，加入 350 μL NaCl (1.2 M) 溶解沈澱物，再加入 210 μL 異丙醇混合均勻，以 16000 *g* 離心 10 分鐘。倒去上清液，加入 500 μL 70% ethanol solution，以 16000 *g* 離心 10 分鐘。倒去上清液，DNA 沈澱物乾燥後，每管加入 100 μL QH_2O，以分光光度計 (NanoDrop-1000; Thermo Scientific, USA) 進行 DNA 濃度定量。

聚合酶連鎖反應 (PCR) 及毛細管電泳程序及設備同 Hsieh *et al.* (2007)，僅修改 PCR 循環次數，由 30 次調降為 24 次。結果分析方式主要採用集群分析法 (cluster analysis)，呈現樣品間遺傳相似性的高低；遺傳相似性係利用相

同基因座的數目於全部基因座數目中的比率。其集群分析係以 NTSYSpc 2.2 Cluster 類別中的 SHAN 模組以 UPGMA (Un-weight Pair-Group Method using Arithmetic averages) 法 (Nei *et al.* 1983) 進行分析，另多型性訊息提供量 (polymorphism information content, PIC) 之估算同 Hsieh *et al.* (2007)。

結　果

參試 22 組 SSR 引子對之複合毛細管電泳

由 22 組 SSR 引子對於參試良質米原原種上之電泳結果，整理出各基因座上其對偶基因大小分布，以各基因座之對偶基因分布範圍不相互重疊的前提下，混合各產物進行毛細管電泳，其引子對搭配組合如表 2，使得在可節省電泳時間下，且能維持 PCR 產物的穩定性。

另鑑於 RM266 引子於秈稻品種中產生非單一 PCR 產物，而於稉稻品種內則為單一產物，不同於其他 SSR 引子之專一性，為確認 RM266 引子於秈稻中確為複基因座 (multiple loci)，而於稉稻參試品種上為單基因座，藉由 NCBI 資料庫中 Electronic PCR (e-PCR) 程式組搜尋稉稻品種 Nipponbare 與秈稻品種 93-11 基因體內 RM266 分布位置，序列比對結果顯示於稉稻品種 Nipponbare 上僅存有單一基因座，而秈稻品種 93-11 則呈現複基因座，依據參試品種上之對偶基因分布，將 108–110 bp 大小僅出現於台中秈 10 號、台中秈糯 1 號與台農秈 22 號等秈稻品種者定義為 RM266I 基因座，120–141 bp 則定義為 RM266 基因座。

原始種子、原原種

品種基礎資料之建立：將 2004 年第二期作所得 22 個參試品種之原始種子與原原種種子，經 23 個 SSR 分子標誌遺傳分析後，檢視各品種原始種子與原原種之基因型，顯示台中 191 號、台中秈 10 號、台中秈糯 1 號、台東 30 號、台南 11 號、台南糯 10 號、台稉 2 號、台稉 4 號、台稉 5 號、台稉 8 號、台稉 9 號、台稉 17 號、台稉糯 3 號、台稉糯 5 號、花蓮 19 號、花蓮 20 號、高雄 143 號等 17 個參試品種，其品種內並無並存多種基因型，於 23 個 SSR 基因座上均為同質結合體基因型，且各品種原始種子與原原種之遺傳組成為一致基因型。

而台稉 11、16 號與台農秈 22 號以及高雄 139、145 號大多基因座均為單基因型，然少數基因座上並存多種基因型；經單粒分析後，確認台稉 11 號於 RM440 基因座、高雄 145 號於 RM210 基因座、台農秈 22 號於 RM235 基因座上，均並存 2 種基因型，其各品種基因型依序標記為 TK11_1、TK11_2、KH145_1、KH145_2、TNGS22_1、T NGS22_2，並於台稉 11 號上發現異質結合體基因型；然台稉 16 號亦並存 2 種基因型，但於 RM163 與 RM164 基因座上共分屬之，各別標記其基因型為 TK16_1 與 TK16_2；而高雄 139 號則於 RM333 基因座上兼具 3 種基因型，標記為 KH139_1、KH139_2、KH139_3，也曾發現異質結合體基因型，其品種基因型組成如表 3 所列。另探究品種內其基因型混合比例，分別就台稉 11 號、台稉 16 號與台農秈 22 號各分析 96 顆，其結果顯示台稉 11 號混合比例為 27 (TK11_1)：69 (TK11_2)、台稉 16 號為 56 (TK16_1)：40 (TK16_2)、台農秈 22 號為 64 (TNGS22_1)：32 (TNGS22_2)。

集群分析 (cluster ananlysis)：將此 22 個參試品種之遺傳資料進行集群分析，在樹狀圖上可以清楚區分開各品種 (如圖 1)；若以 0.1 遺傳距離作為區分獨立品種之界線，0.1 至 0.2 遺傳距離間為灰色爭議地帶，超過 0.2 遺傳距離為獨立品種 (Heckberger *et al.* 2002)；由圖中清楚可見，台稉 11 號、台稉 16 號、高雄 139 號、高雄 145 號以及台農秈 22 號等品種內多基因型混合的情形，仍在 0.1 遺傳距離內，但台稉 5 號與高雄 143 號兩品種間的遺傳距離則在

表 3. 高雄 139、145 號與台稉 11、16 號以及台農秈 22 號等品種之基因型組成

Table 3. Allelic composition of 6 SSR loci in 5 varieties, including Kaohsiung (KH) 139, 145, Taikeng (TK) 11, 16, and TainungSen (TNGS) 22

Variety	RM164	RM163	RM210	RM235	RM333	RM440	Genotype	Count
TK11	266 bp	129 bp	151 bp	95 bp	179 bp	168 bp	TK11_1	4
						171 bp	TK11_2	7
						168,171 bp	Heterozygote	1
TK16	266 bp	129 bp	151 bp	97 bp	179 bp	168 bp	TK16_1	15
	296 bp	127 bp					TK16_2	9
KH139	266 bp	129 bp	151 bp	95 bp	222 bp	168 bp	KH139_1	25
					224 bp		KH139_2	6
					227 bp		KH139_3	10
					222,224 bp		Heterozygote	1
KH145	296 bp	127 bp	149 bp	97 bp	219 bp	168 bp	KH145_1	16
			151 bp				KH145_2	8
TNGS22	252 bp	164 bp	153 bp	107 bp	187 bp	209 bp	TNGS22_1	9
				133 bp			TNGS22_2	3

0.091，會低於 0.1 遺傳距離門檻值的主因，推測可能因台稉 5 號為高雄 143 號的直接親本，台稉 5 號給予高雄 143 號實際親本貢獻量遠超過 0.5 所致。而於 0.2 遺傳距離以內者，如：台稉 2 號與台稉 8 號或台中秈 10 號與台農秈 22 號等兩個組合，其親緣係數均為 0.5 (Chen *et al.* 2008)，顯示有較近的親緣關係，台稉 8 號與台農秈 22 號的直接親本分屬台稉 2 號、台中秈 10 號，綜觀顯示以 SSR 分子標誌所量測的遺傳距離與該等品種間實際親緣關係具有一致性。

多型性訊息提供量：就參試的良質米原原種，23 個 SSR 基因座所能提供的平均多型性為 0.4925 (表 2)，而以 RM120 SSR 基因座所提供的遺傳訊息最少，僅只有 0.1207，具有 2 種對偶基因，RM333 SSR 基因座具有最多種對偶基因 (12 種)，且該基因座所能提供的遺傳訊息也是最多。

不同繁殖期作中原原種之變異：分析花蓮 20 號、高雄 145 號、台農秈 22 號等 2005 年第一期作原原種圃之抽驗種子，與 2004 年第二期作原原種所建立基礎資料相互比對，其結果顯示各品種內遺傳組成具高度一致性，如高雄 145 號品種內並存 2 種基因型仍於不同繁殖期作間穩定維持，但台農秈 22 號 2005 年第一期作原原種，則顯示由品種內並存基因型轉變為單一基因型 (圖 1)。

良種繁殖制度下原種種子的變異性

由種子檢查室分樣所得之 2005 年第一期作原種種子，並承種子檢查室樣品編號為本試驗原種樣品編號，全部 77 處原種田樣品經 23 組 SSR 分子標誌分析後，再與 2004 年第二期作原原種分子資料合併比較，結果顯示品種內各原種田間均一性極高，且各品種之原種均與上一期作之原原種遺傳組成極為一致，如圖 1 所示，但少數品種仍存有些許變異：

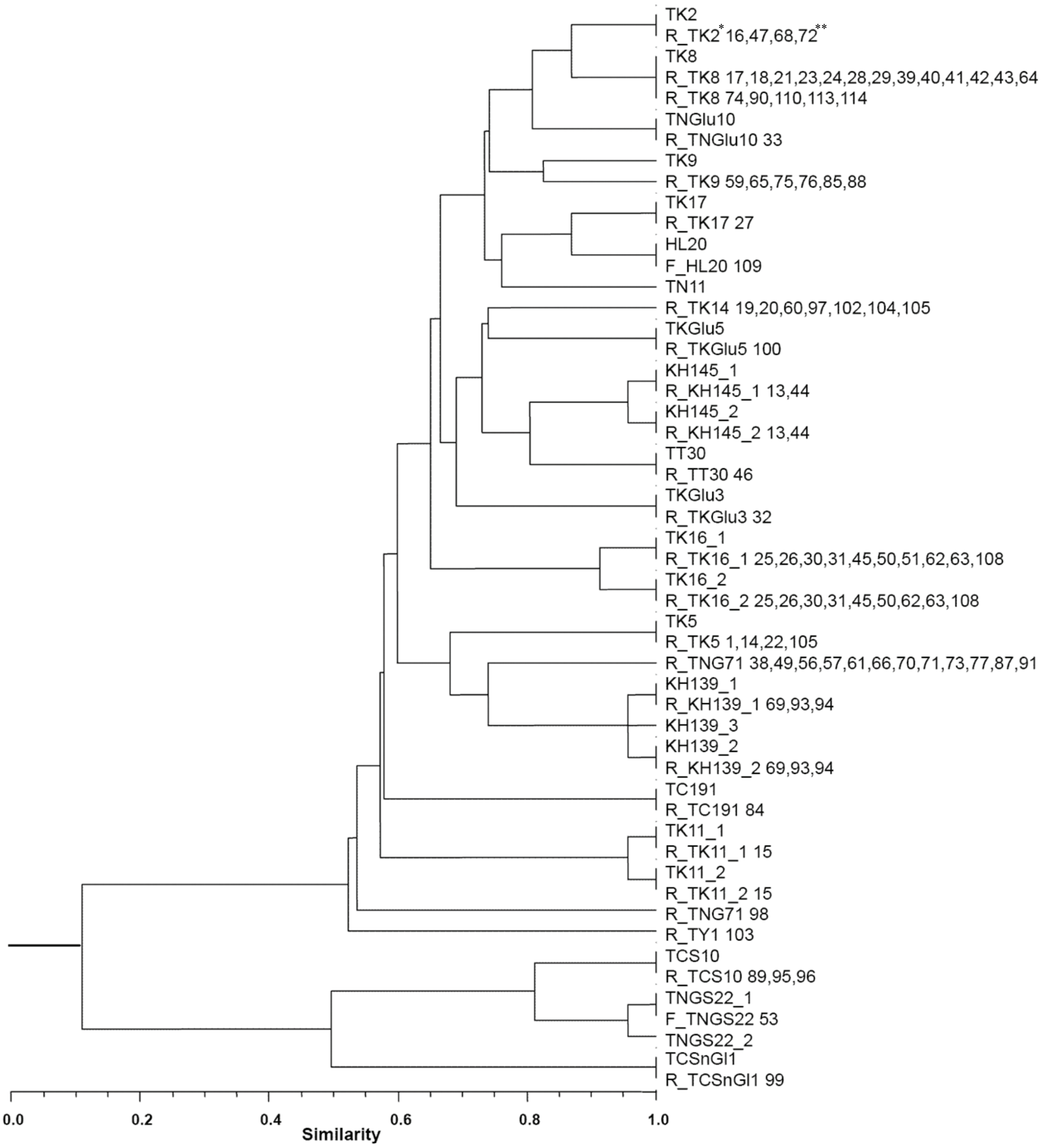


圖 1. 本試驗參試 2005 年第一期作 77 處原種田與其 2004 年第二期作原原種之集群分析。

Fig. 1. The cluster analysis of 77 rice registered seeds in 2005 first season that compared with 2004 second season foundationn seed. [* Sample code: (1) first code: F, foundation seed level; R, registered seed level; (2) second code: variety name; (3) third code: the genotype within this variety. ** The sample number continued with Seed Testing Laboratory, COA.].

原種與原原種其遺傳組成不一致者：分析結果顯示台稉 9 號 2005 年第一期作全部 6 處原種田間遺傳組成完全一致，但所有 2005 年第一期作原種與 2004 年第二期作原原種間差異超過 0.1 的遺傳距離，23 個 SSR 分子標誌中共有 4 個基因座 (RM235、RM70、RM163 及 RM164) 分具不同基因型，其螢光條帶如圖 2 所示。

品種內並存基因型發生偏移：分析台稉 11、16 號與高雄 139、145 號具有並存多基因型之原種遺傳組成後，再與其基礎資料比較，發現各品種內原種田間具極高遺傳均一性外，亦發現品種內並存基因型於繁殖推進中仍可穩定維持，僅樣品編號為 51 號之台稉 16 號原種田，發生品種內並存基因型偏移現象，該塊原種田已偏向 TK16_1 基因型，品種內多基因型並存情形已消失。

無標準資料對照者：因台稉 14 號、台農 71 號與桃園 1 號等 3 個品種，未取得該品種原原種以供建立分子基礎資料，但 7 處台稉 14 號原種田之混合樣品分子資料彼此間完全一致，顯示各原種田之間遺傳均一性極高，此後分析試驗能以此分子資料作為台稉 14 號基礎資料。

而台農 71 號於 2005 年第一期作設置 13 處原種田，其中有 12 個原種田間遺傳組成完全一致，僅樣品編號 98 號之台農 71 號原種種子 (R_TNG71-98) 與另 12 個台農 71 號原種的遺傳組成不盡相同，分別於 RM105、RM243、RM266、RM276、RM333、RM567 等 6 個基因座上具多型性，但其遺傳組成又非其他良質米品種。為確認上述變異之來源，自農戶取得該台農 71 號原種 (R_TNG71-98) 所自行繁衍之後

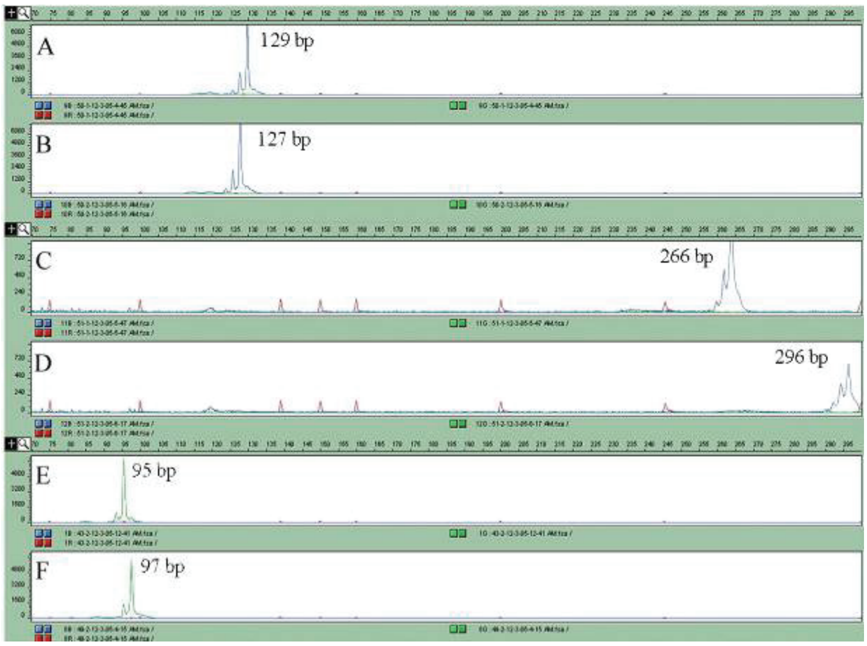


圖 2. 台稉 9 號 2004 年第二期作原原種與其 2005 年第一期作原種之螢光條帶 [原原種於 RM163 (A)、RM164 (C) 與 RM235 (E)、原種於 RM163 (B)、RM164 (D) 及 RM235 (F) 上]。

Fig. 2. The fluorescent bands of TK9 for the Foundation seeds in 2004 second season and the Registered seeds in 2005 first season [Foundation seeds in RM163 (A), RM164 (C) and RM235 (E); Registered seeds in RM163 (B), RM164 (D) and RM235 (F)].

裔種子 (2006 年，R_TNG71-98 Progeny seed)，並以其他 2005 年台農 71 號遺傳均一之原種種子為對照樣品，兩方各取 24 粒種子進行單株分析，其結果顯示仍於 RM105、RM243、RM333 基因座上具多型性，而 RM266、RM276、RM567 基因座上則無多型性，該特異台農 71 號後裔遺傳均一，但其基因型與對照樣品內分屬不同兩大類基因型 (表 4、圖 3)。

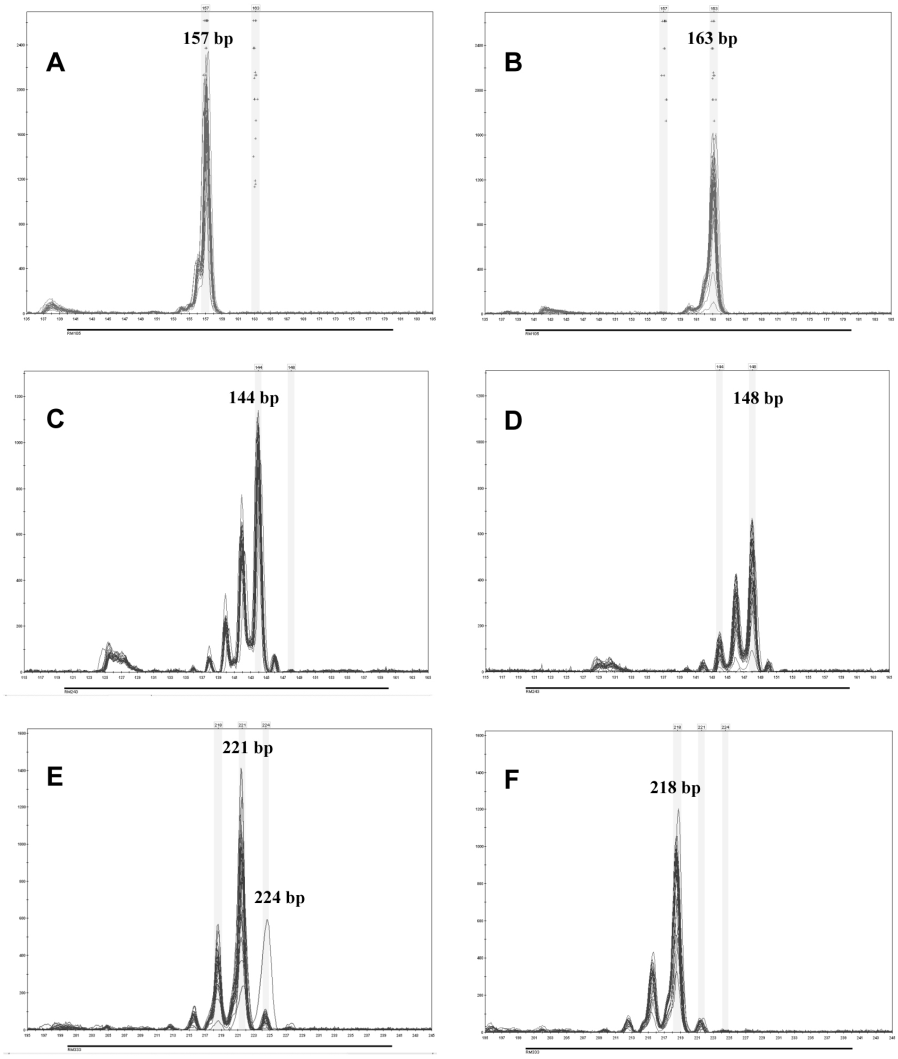


圖 3. 台農 71 號 24 粒原種種子 (2005) 與編號 98 號台農 71 號其 24 粒後裔種子 (2006) 在 RM105 (A, B)、RM243 (C, D) 與 RM333 (E, F) SSR 基因座上之毛細管電泳結果。

Fig. 3. The capillary electrophoresis result of 24 TNG71 Registered seeds (2005) and 24 R_TNG71_98 progeny seeds (2006) in RM105, RM243 and RM333 SSR locus. [2005 TNG71 Registered seed in A: RM105 (157 bp), C: RM243 (144 bp) and E: RM333 (221 bp, 224 bp); 2006 R_TNG71_98 progeny in B: RM105 (163 bp), D: RM243 (148 bp) and F: RM333 (218 bp)].

表 4. 台農 71 號 2005 原種與原種編號 98 號台農 71 號其 2006 後裔種子之遺傳組成

Table 4. Allelic composition of 2005 TNG71 registered seed and 2006 R_TNG71_98 progeny seed in RM105, RM243 and RM333 SSR locus

Sample	RM105	RM243	RM333	Count
TNG71 registered seed	157 bp	144 bp	221 bp	23
			224 bp	1
R_TNG71_98 progeny seed	163 bp	148 bp	218 bp	24

討　論

據我國「臺灣地區農作物種苗檢定須知」，種苗級別自原始種苗、原原種、原種至採種依序繁殖，在種苗檢定作業中由原原種級別開始受檢。而日本「主要農作物種子法」種苗級別亦由優良品系、原原種、原種至採種依序繁衍，優良品系由育種家自行控管用以繁殖原原種，由原原種級別接受檢驗，優良品系級別未進入檢定制度。經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 種子規範中，basic seed 須能維持該品種特性以及種子內具有高度均一者，並需經過嚴格檢測合格後，才可供 certified seed 生產用；但只要為生產 basic seed 之用，皆稱為 pre-basic seed (OECD 2008)。美國種子級別則依 breeder's seed、foundation seed、registered seed 及 certified seed 逐層排列；breeder's seed 係大學實驗站或種子公司的育種人員負責生產、控管，以確保種子純度，以供應生產 foundation seed 用；然 foundation seed 需經過嚴格篩選、檢驗，因 foundation seed 必須保有品種特性以及非常高的種子純度，而檢定工作一般由州農業廳的種子檢查室、或州立大學的種子檢查室負責，合格後的種子可直接用以生產 certified seed 或生產 registered seed (Sleper & Poehlman 2006)。由上述各地區進入檢定制度中之最上層繁殖級別可見，依其內涵各對應為原原種 (我國)、原原種 (日本)、foundation seed (美國) 及 basic seed (OECD)；因此，在對應各地區種子繁殖級別名稱上，可藉由各級別實際操作作業顯見 breeder's seed 為原始種苗而非原原種級別。

本試驗有 9 個參試品種與 17 個 SSR 分子標誌，與 Hsieh *et al.* (2007) 之試驗研究具有共通性，但本試驗品種標準資料與過去所建立主要稉稻品種之遺傳組成有部份相異，主要造成原因在於材料來源相異，過去試驗種子來源，主要來自國家作物種原中心及農糧署種子檢查室，均為過去作為品種保存用途之種子，然而本試驗用以建立品種標準資料之種子來源，來自各品種育成機關，且於 2004 年良種繁殖更新計畫中所生產之種子。

另礙於遺傳分析儀 (Prism® 310 Genetic Analyzer) 進行 1 次毛細管電泳，平均需耗費 31 分鐘，儘管藉由 multiplex 的方式減少毛細管電泳次數、提高分析效率，但經濟合作暨發展組織 OECD 對於原原種的品種純度要求 99.7%，原種品種純度為 99.0%，若需要達成此要求，原原種則需檢測 995 粒穀粒、原種需 300 粒全無異品種混雜，才具 95%的信心水準可推估此結論 (Remund *et al.* 2001; Laffont *et al.* 2005)，但原種田設置數目眾多，若要對所有種子來源一一進行純度檢測，龐大的試驗規模難以在短短數個月內消耗，因此改以混合樣品為分析單位，追蹤水稻繁殖制度中之原始種子、原原種乃至原種之主要遺傳組成是否發生變化，因此內部遺傳組成其實仍存些許差異。

且本試驗係以 23 個均勻散佈於整體基因組上的 SSR 分子標誌，能於台灣良質米品種上

具有完全鑑別力；但在可負荷的試驗規模下，無法對各品種之原原種一一進行品種均一性測驗，而改採以 50 粒混合樣品分析各原原種之遺傳組成，但受限於簡單序列重複的特性使然，造成對偶基因間往往差距僅有 2–3 bp，且於 PCR 反應中會因滑動複製，產生跡痕條帶 (stutter bands)，干擾對偶基因的判別，因為每一對偶基因往往會產生一系列連續遞減的條帶，當該基因座的基因型並非同質結合體時，跡痕條帶易遮蓋分子量較小的對偶基因，而影響基因型判讀的正確性 (Garland *et al.* 1999)，基於此限制，造成所觀測到的混合比例往往趨近於各方相近；且隨著對偶基因分子量差距越大，混合樣品可檢出的極限會逐漸提高，因此當基因型差異大 (台稉 16 號與台農秈 22 號原原種)，便可輕易觀測到品種內並存多基因型，當差異小時，則不易觀測到品種內仍存有另一基因型，故本試驗雖發現台稉 11 號、台稉 16 號、台農秈 22 號、高雄 139 號與高雄 145 號等五個品種，出現品種內並存多基因型，但不表示其他品種僅具有單一基因型，品種內可能仍隱藏其他比例較低的基因型。

檢視整體基因組上 SSR 分子標誌分布，顯示 RM163 與 RM164 具有相異 PIC 值，但位於同一重組位點上，這兩個基因座為共分離關係，因此雜交、遺傳重組發生後，當 RM163 基因座上的基因型固定時，往往亦決定 RM164 基因座之基因型，使得台稉 16 號於品種內僅混合 2 種基因型。當一個品種長期在同一地區純化選拔而釋出時，儘管在形態外觀已經呈現高度均質或僅剩些微差異，已難以分辨個體差異，但於 SSR 分析層次上，將會強化這些個體間的差異 (Gethi *et al.* 2002; Cooke *et al.* 2003)，如同台稉 16 號內雖並存 2 種基因型，基因型間相異 2 個基因座，但農藝性狀並無差異。

而本研究針對連續 3 個繁殖世代，追蹤繁殖制度中的原始種子、原原種、原種等三種級別種子之遺傳組成，顯示絕大部分品種在這 3 個級別中呈現連續一致，儘管品種內並存多基因型均都能穩定地在世代推進中表現，這與 Singh *et al.* (2004) 的結果相符合；但仍有部份品種原原種 (台農秈 22 號) 與原種 (台稉 9 號)，與該品種基礎資料的遺傳組成不盡相同，推測可能為育種家在進行種子繁殖更新時，再繼續單株選拔以提高品種純度，或維持數個不同世代衍生品系，以備抽換生產原原種種子的品系，但若過於頻繁抽換代表品系，容易降低該品種的均一性。

以台稉 9 號良種繁殖過程為例，每間隔 3 至 4 年進行原始種子的繁殖更新，並且再以單株選拔推進世代，因此於 2002 年便維持了 3 個不同世代衍生品系 ($F_{14:15}$、$F_{15:16}$、$F_{16:17}$)，各衍生品系的種子個別混合收穫，分別釋出供原原種使用 (許志聖，個人通訊)，所以推測供台灣大學作物育種實驗建立純度標準資料之原原種，與實際種子檢查室所抽驗之原種並非同一批，是分屬於不世代衍生品系，因此才出現 2004 年第二期作所得之原原種與 2005 年第一期作原種之遺傳組成相異。而花蓮 20 號良種繁殖方式，為每次種子繁殖更新時都維持 25 個品系，並利用 25 個品系之整體外觀性狀作為選拔基準，將所有達整體水平的品系混合收穫，供原原種生產用，而下一世代原始種子種子的來源，則是從達標準的品系上挑選出 25 個單株，作為下一次 25 個品系生產用 (宣大平，個人通訊)，25 個品系間的親緣關係不明確且年年變動。

而本試驗雖沒有針對所有良質米品種進行全面性的均一性測驗，但針對多重來源的原種檢視其主要遺傳組成，並無對每一個來源樣品進行完整的純度檢測，從原種整體分析結果看來，各品種內的原種田之間是具有極高度均一性，除了編號 98 的台農 71 號原種，其遺傳組成與該品種的其他原種並不完全一致；然經由

該農戶提供其變異原種之後裔種子進行單株分析，其遺傳分析與訪談結果均顯示該原種戶曾對該品種於繁殖過程中持續進行單株選拔，造使該品種原種偏離主要基因型，亦暗示該品種於釋出初期仍具有某程度遺傳變異，以致於良種繁殖過程中發生形態均一度不足並加上農民自行單株選拔所致。

品種內高度異質性起因於非同質結合的親本，以及不同種子批相混合所致，如高雄 139 與高雄 145 號多基因型並存，高雄區農業改良場良種繁殖方式，是將所有種子混合收穫後，供原原種生產用，然而也從中取出部份種子供原始種子繁殖用，並無原始種子與原原種層級隔閡，而低度的異質性則往往是由於殘存的異質結合體 (台稉 11 號、高雄 139 號)、花粉污染、與品種混雜 (Cooke *et al.* 2003)。

由上述結論可見水稻良種繁殖制度可穩定維持品種內遺傳組成，對於控管品種純度與發芽率等種苗品質具高度正面意義；然其中欲維持品種純度則須由繁衍過程之源頭嚴格控管，但現行所育成之大部分良質米品種，往往是評估完 F_4 之後裔行，即 F_5 世代，便將優良後裔行 ($F_{4:5}$) 內的種子混合收穫，其往往會造成品種內的均質性不足，而需在高世代時再單株純化作業，以供該原原種生產之用，但若在 F_5 世代仍進行單株選拔，待 F_6 ($F_{5:6}$) 世代才混合收穫，其後裔種子的整齊度 (即單株上同質結合率)，可由原先 87.5%提升至 93.75%，便可使品種內變異小到足以忽略，能減少新品種完成命名後再純化等諸多困擾，避免日後逐年進行去偽去雜的工作。

誌　謝

本研究承行政院農業委員會農糧署經費 94 農科-1.3.1-糧-Z1 與 95 農科-1.3.1-糧-Z1 科技計畫補助，謹此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Blair, M. W., V. Hedetale, and S. R. McCouch. 2002. Fluorescent-labeled microsatellite panels useful for detecting allelic diversity in cultivated rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 105:449–457.

Chen, H., M. S. Lin, and K. K. Hwu. 2008. A database of Taiwan rice pedigrees. Crop Environ. Bioinform. 5:22–28. (in Chinese with English abstract)

Chen, X., S. Temnykh, Y. Xu, Y. G. Cho, and S. R. McCouch. 1997. Development of a microsatellite framework map providing gemone-wide coverage in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 95: 553–567.

Cooke, R. J., G. M. N. Bredemeijer, M. W. Ganal, R. Peeters, P. Isaac, S. Rendell, J. Jackson, M. S. Röder, V. Korzun, K. Wendehake, T. Areshchenkova, M. Dijcks, D. Laborie, L. Bertrand, and B. Vosman. 2003. Assessment of the uniformity of wheat and tomato varieties at DNA microsatellite loci. Euphytica 132:331–341.

Garland, S. H., L. Lewin, M. Abedinia, R. Henry, and A. Blakeney. 1999. The use of microsatellite polymorphisms for the identification of Australian breeding lines of rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 108: 53–63.

Gethi, J. G., J. A. Labate, K. R. Lamkey, M. E. Smith, and S. Kresovich. 2002. SSR variation in important US maize inbred lines. Crop Sci. 42:951–957.

Heckberger, M., M. Bohn, J. S. Ziegle, L. K. Joe, J. D. Hauser, M. Hutton, and A. E. Melchinger. 2002. Variation of DNA fingerprints among accessions within maize inbred lines and implications for identification of essentially derived varieties I Genetic and technical sources of variation in SSR data. Mol. Breed. 10:181–191.

Hsieh, L. Y., D. R. Wu, and K. K. Hwu. 2007. Variety identification among major Japonica rice cultivars of Taiwan based on simple sequence repeat markers. Seed Nursery 9:25–38. (in Chinese with English abstract)

Laffont, J. L., K. M. Remund, D. Wright, R. D. Simpson, and S. Gregoire. 2005. Testing for adventitious presence of transgenic material in conventional seed or grain lots using quantitative laboratory methods: statistical procedures and their implementation. Seed Sci. Res. 15:197–204.

McCouch, S. R., L. Teytelman, Y. B. Xu, K. B. Lobos, K.

Clare, M. Walton, B. Y. Fu, R. Maghirang, Z. K. Li, Y. Z. Xing, Q. F. Zhang, I. Kono, M. Yano, R. Fjellstrom, G. DeClerck, D. Schneider, S. Cartinhour, D. Ware, and L. Stein. 2002. Development and mapping of 2240 new SSR markers for rice (*Oryza sativa* L.). DNA Res. 9: 199–207.

Nei, M., F. Tajima, and Y. Tateno. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data II. Gene frequency data. J. Mol. Evol. 19:153–170.

OECD. 2008. OECD Seed Schemes. Organisation for Economic Co-operation and Development Press. Paris. 278 pp.

Remund, K. M., D. A. Dixon, D. L. Wright, and L. R. Holden. 2001. Statistical considerations in seed purity testing for transgenic traits. Seed Sci. Res. 11:101–119.

Singh, R. K., R. K. Sharma, A. K. Singh, V. P. Singh, N. K. Singh, S. P. Tiwari, and T. Mohapatra. 2004. Suitability of mapped sequence tagged microsatellite site markers for establishing distinctness, uniformity and stability in aromatic rice. Euphytica 135:135–143.

Sleper D. A. and J. M. Poehlman. 2006. Breeding Field Crops. 5th ed. Blackwell press. Iowa. 424 pp.

Song, M. T., J. H. Lee, Y. S. Cho, Y. H. Jeon, S. B. Lee, J. H. Ku, S. H. Choi, and H. G. Hwang. 2002. Narrow genetic background of Korean rice germplasm as revealed by DNA fingerprinting with SSR markers and their pedigree information. Korean J. Genet. 24:397–403.

Suh, J. P., J. H. Ku, H. S. Hur, and J. Y. Lee. 2005. Analysis of genetic diversity among Korean rice varieties by molecular markers and pedigree information. Treat. Crop Sci. 6:114–122.

Temnykh, S., G. DeClerk, A. Lukashova, L. Lipovich, S. Cartinhour, and S. McCouch. 2001. Computational and experimental analysis of microsatellites in rice (*Oryza sativa* L.): frequency, length variation, transposon associations, and genetic marker potential. Genome Res. 11:1441–1452.

Temnykh, S., W. D. Park, N. Ayres, S. Cartinhour, N. Hauck, L. Lipovich, Y. G. Cho, T. Ishii, and S. R. McCouch. 2000. Mapping and genome organization of microsatellite sequences in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 100:697–712.

Wu, K. S. and S. D. Tanksley. 1993. Abundance, polymorphism and genetic mapping of microsatellite in rice. Mol. Gen. Genet. 241:225–235.

Wu, W. C. and M. S. Lin. 2008. Pedigree analysis of rice varieties of Taiwan: relationships among Japanese introductions. Crop Environ. Bioinform. 5:248–257. (in Chinese with English abstract)

Zimmermann, A., J. Lüthy, and U. Pauli. 1998. Quantitative and qualitative evaluation of nine different extraction methods for nucleic acids on soya bean food samples. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 207: 81–90..

1895
AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Rice Genetic Variation under the Three-Step Propagation System [1]

Dong-Hong Wu[2] and Kae-Kang Hwu[3,4]

Abstract

Wu, D. H. and K. K. Hwu. 2010. Rice genetic variation under the three-step propagation system. J. Taiwan Agric. Res. 59:275–288.

Objective of this study is to determine the genetic consistency of seeds produced under three-step propagation system. Twenty-three simple sequence repeat (SSR) markers which have full discrimination power on 22 superior rice varieties produced in Taiwan during 2004 and 2005 were used in this study. Breeder's seeds and foundation seeds of these 22 varieties were used to establish standard genetic profiles for each variety. The result shows that allelic composition of foundation seeds possessed single genotype and was identical with breeder's seeds in most varieties. But allelic composition of TK11, TK16, KH139, KH145 and TNGS22 contained more than one genotype. Cluster analysis of 77 registered samples in 2005 first season and their predecessors, breeder's seed, reveals high genetic consistency except TK9, TNG71 and TK16. In final, it is suggested to extend one more generation for plant selection until F_5 generation, in order to increase seed identical ratio from 87.5% to 93.5%.

Key words: Rice, Three-step propagation system, SSR, Japonica rice, Indica rice, *Oryza sativa*.

---

1. Contribution No. 2441 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: December 8, 2010.
2. Assistant Researcher, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Corresponding auther, khwu@ntu.edu.tw, Fax: (02)23620879.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(4):289–298 (2010)

貯存溫度與時間對岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii*) (膜翅目：釉小蜂科) 生育力與致死寄主能力之影響 [1]

錢景秦[2,3] 張淑貞[2]

摘　要

錢景秦、張淑貞。2010。貯存溫度與時間對岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii*) (膜翅目：釉小蜂科) 生育力與致死寄主能力之影響。台灣農業研究 59:289–298。

岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 為台灣地區蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 之優勢寄生蜂。為增進該蜂對蔬菜斑潛蠅生物防治之利用，本文探討貯存溫度與時間對其之影響。0 日齡蛹在 7℃下經貯存 1–2 週後，轉移至 25℃，羽化率即下降為 83.1–90.4%，與對照組之 97.8%呈顯著差異；而其若在 10℃貯存 1–2 週，羽化率則與對照組無顯著差異。但 0 日齡蛹在 7 與 10℃各貯存 1–3 與 1–4 週後，轉移至 25℃定溫，待羽化成蜂後，每日供應寄主蔬菜斑潛蠅幼蟲與純蜂蜜，其中僅蜂蛹在 7℃貯存 1–2 週者，其壽命、子代雌性比與對照組無顯著差異，僅子蜂數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值，顯著較對照組各減少 39.0–50.6、26.5–37.5 及 35.0%。其他不論蜂蛹在 7℃貯存 3 週、或蜂蛹在 10℃各貯存 1–4 週，各處理組間之雌蜂壽命、子蜂數及致死寄主總數雖均無顯著差異，但均較對照組各減少 29.4–42.2、65.8–72.7 及 42.1–60.6%。雌蜂在 15℃貯存 10–20 日或在 25℃貯存 10 日，其子蜂數與致死寄主總數均顯著較對照組各減少 60.6–68.0 與 26.0–36.2%。同時成蜂經貯存後，各處理組之日產卵與取食寄主型式與對照組不一。總之，岡崎釉小蜂之蛹與成蟲雖不適於長時間貯存，但在其繁殖過程中，若需要貯存時，本文建議其條件，依序為 0 日齡蛹在 7℃貯存 1–2 週、其次為雌蜂在 15 與 25℃餵食純蜂蜜各貯存 10–20 與 10 日。若釋放田間做為生物農藥使用時，其較適貯存蟲期與條件可放寬為 0 日齡蛹在 7 與 10℃各貯存 1–2 與 1–4 週、或雌蜂在 15 與 25℃餵食純蜂蜜各貯存 10–30 與 10 日。

關鍵詞：岡崎釉小蜂、蔬菜斑潛蠅、貯存、生育力、致死寄主能力。

前　言

岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 分布於台灣 (Lin & Wang 1992; Chien & Ku 1998)、中國之福建省 (Huang *et al*. 2000; Chen & Ye 2002) 與廣東省 (Zeng *et al*. 1999) 及日本 (Arakaki & Kinjo 1998) 等地。在台灣瓜類、豆

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2442 號。接受日期：99 年 12 月 15 日。
2. 本所應用動物組研究員及助理研究員。台灣 台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：chien@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

類及番茄上，該蜂不僅為蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 田間本地種之優勢寄生蜂 (Chien & Chang unpublished data)，且由其生物特性亦顯示其為有效寄生蜂 (Chien & Chang 2009a, b)。進行害蟲生物防治時，為配合害蟲之發生，常需貯存天敵以備適時釋放，如此天敵之貯存蟲期與條件，即為害蟲生物防治成敗的關鍵之一。然岡崎釉小蜂貯存之相關資料闕如，僅知成蜂供應原蜜汁 (洋槐蜜) 或 20%蜜水時均可顯著延長壽命 (Huang *et al*. 2000; Chen & Ye 2002)，另在 15 與 25℃下，10 對岡崎釉小蜂成蜂於直徑 3 cm、高 10 cm 之玻璃管內，以純蜂蜜餵食時，成蜂壽命可各長達 39.5–48.0 與 24.1–31.9 日 (Chien & Chang 2009b)。為深入瞭解岡崎釉小蜂之最適貯存蟲期與條件，及貯存對雌蜂生育力與致死寄主能力之影響，乃進行本試驗，冀能提供該蜂貯存技術與保育措施之參考，進而增進岡崎釉小蜂對蔬菜斑潛蠅生物防治之利用。

材料與方法

供試蟲源

在雲林縣林內鄉菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 上採集被蔬菜斑潛蠅幼蟲為害之葉片，攜回 25℃室內。攤開葉片，稍陰乾後，再分裝於有透氣孔之封口塑膠袋。待斑潛蠅成蠅與岡崎釉小蜂羽化，供做後續試驗飼育之蟲源。

供試寄主植物、寄主害蟲及寄生蜂之繁殖

本試驗所用之寄主植物菜豆苗 (*P. vulgaris* var. *communis* Aeschers) 之栽培，與供試寄主蔬菜斑潛蠅之繁殖，係參照 Chien & Ku (1996) 之方法。岡崎釉小蜂之繁殖則參照 Chien & Ku (2001) 之方法，以帶有第三齡蔬菜斑潛蠅幼蟲潛食之罐插菜豆苗，繁殖岡崎釉小蜂。

寄生蜂寄生致死寄主與取食致死寄主之區分

本試驗中，區分寄主幼蟲被岡崎釉小蜂寄生、或取食後之致死徵狀，係依 Chien & Chang (2009a) 所述。被寄生者體黃色、外形鬆馳拉長但仍保持原來之飽滿、消化管內無暗綠色之內容物、呈深度麻痺狀態；被取食者體黃褐色、外形伸長體扁且萎縮、消化管內仍殘留有暗綠色之內容物、傷口處留有乾涸之體液。

低溫貯存蜂蛹對蛹期發育之影響

先將在 25℃繁殖之 0 日齡蜂蛹，每 30 個裝入直徑 1.5 cm、高 7 cm 之指形管內，然後將其分別移入 7 與 10℃、相對濕度 65–85%之定溫箱內，各貯存 1、2、3、4、5、6 及 7 週，待各處理貯存期滿後，將內有蜂蛹之指形管取出，轉移至 25℃定溫、相對濕度 65–85%下，每日記錄各處理組蜂蛹之發育日數與存活率。另設一未經低溫貯存之對照組，其蟲源與處理方法如上述。各進行 4 重複。

低溫貯存蜂蛹對成蜂生育力 (fertility) 與致死寄主能力之影響

利用前述蜂蛹，經 7 與 10℃低溫各貯存 1、2、3 週與 1、3、4、5 及 7 週後，於 25℃正常羽化之成蜂為試材。在 25℃定溫、相對濕度 65–85%下，將 0 日齡成蜂，各取 1 對釋入直徑 12 cm、高 22 cm 之玻璃筒，每日早上 7 點，各處理除以細毛筆將未稀釋純蜂蜜塗於玻璃筒內壁餵食，另供應內有 40–50 隻第三齡寄主幼蟲潛食之 1 株罐插菜豆苗，直至雌蜂死亡為止。試驗期間，每日將各處理組所更換下內有被寄生寄主之菜豆苗，移至 25℃飼育，直至子蜂羽化。記錄各處理 1 對成蜂之壽命，亦依 Chien & Ku (2001) 之方法，於接蜂後次晨，利用透光法計數雌蜂對寄主幼蟲之致死總數 (寄生致死數與取食致死數)，7 日後再分別記錄雌蜂對寄主幼蟲之寄生數 (寄生蜂蛹數) 與取食寄主數 (致死寄主總數 − 寄生蜂蛹數) 及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值等；待寄生蜂羽化後，再記錄雌蜂與雄蜂數及雌性比。另設一對照組，其蟲源來自前項試驗未經低溫貯存之對照，處理方法如上述。每處理各進行 6–11 重複。

成蜂貯存對生育力與致死寄主能力之影響

將在 25℃初羽化之成蜂，每 10 對釋入直徑 3 cm、高 10 cm 之玻璃管，再將玻璃管分別放置在 15 與 25℃之定溫，15℃時各貯存 10、20、30、40 及 50 日，25℃時各貯存 10 與 15 日，期間每日以細毛筆將純蜂蜜塗於玻璃管內壁餵食。待各處理組成蜂貯存時間期滿後，轉移置 25℃定溫，隨機取其中一對雌、雄蜂釋入直徑 12 cm、高 21 cm 之玻璃筒，各處理組每日如前項所述，供應純蜂蜜與內有 40–50 隻第三齡寄主幼蟲潛食之 1 株蘿插菜豆苗，直至供試蜂死亡為止。試驗期間，每日將各處理組所更換下內有被寄生寄主之菜豆苗，移至 25℃飼育，直至子蜂羽化，且依 Chien & Ku (2001) 之方法，記錄各處理成蜂之壽命、子蜂數、子代雌性比、致死寄主總數、及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值等。亦設一未經貯存之對照組，其蟲源與處理方法如上述。各進行 5–19 重複。

統計分析

各項試驗資料除利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 10.0 版本軟體先進行變方分析，再以最小顯著差 (LSD) 法或 t 值測試法檢測，並採 $p < 0.05$ 顯著水準比較處理間之差異。另利用迴歸分析法，顯示寄生蜂之羽化率或蛹期 (y)，與貯存期 (x) 之關係，並採 $p < 0.01$ 之顯著水準進行迴歸之變異數分析。若二者之關係非線性迴歸時，則以二次曲線迴歸呈現。

結　　果

低溫貯存蜂蛹對蛹期發育之影響

0 日齡蜂蛹在 7 與 10℃貯存，二者之羽化率與其貯存期，各呈顯著之二次與線性迴歸關係 (圖 1)。蜂蛹不論在 7℃貯存 1–7 週或 10℃貯存 3–7 週後之羽化率，均顯著較對照組低；而相同貯存期中，二溫度處理間之羽化率，除貯存期在 3 週者二種處理間無顯著差異外，其餘 10℃各處理組均顯著較 7℃處理組高 (表 1)。

內含貯存時間之蛹期，不論在 7 或 10℃，均隨蜂蛹貯存期之延長而增加，二者均呈極顯著之線性迴歸關係 (圖 2A)；但若扣除貯存時間，在 7℃時蛹期隨蜂蛹貯存期之延長而增加，呈極顯著之直線迴歸關係，10℃時蛹期則維持不變，與貯存期無關 (表 1、圖 2B)。

低溫貯存蜂蛹對成蜂生育力與致死寄主能力之影響

蜂蛹在 7℃貯存 1–2 週後，其壽命、取食致死寄主數及子代雌性比等雖與對照組無顯著差異，但子蜂數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值，各較對照組顯著降低 39.0–50.6、26.5–37.5 及 35.0%，且處理間無顯著差異 (表 2)；而蜂蛹在 7℃貯存 3 週，不論壽命、子蜂數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值等，均顯著較對照組各減少 31.0–43.1、70.1、60.6 及 30.0% (表 2)。蜂蛹在 10℃各貯存 1、3 及 4 週後，雌蜂壽命、子蜂數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值，均顯著較對照組各減少 29.4–42.2、65.8–72.7、42.1–46.9 及 50.0–55.0%，

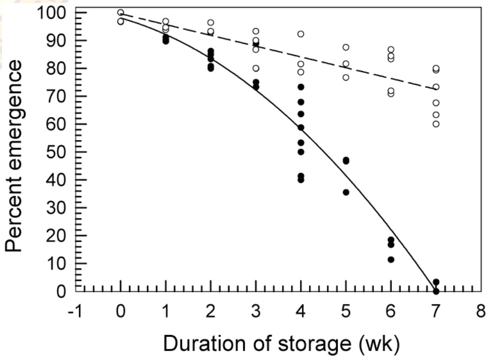


圖 1. 岡崎釉小蜂蜂蛹經 7 或 10℃貯存 0 至 7 週後在 25℃下之羽化率。

Fig. 1. Percent emergence of *Closterocerus okazakii* at 25℃ after the pupae were stored at 7 or 10℃ for 0 to 7 weeks. Regression lines are drawn for those relationships where $p < 0.01$. 7℃ (•) $y = -1.347x^2 - 4.579x + 98.10$, $R^2 = 0.9608$; 10ºC (○) $y = -3.868x + 99.54$, $R^2 = 0.7030$.

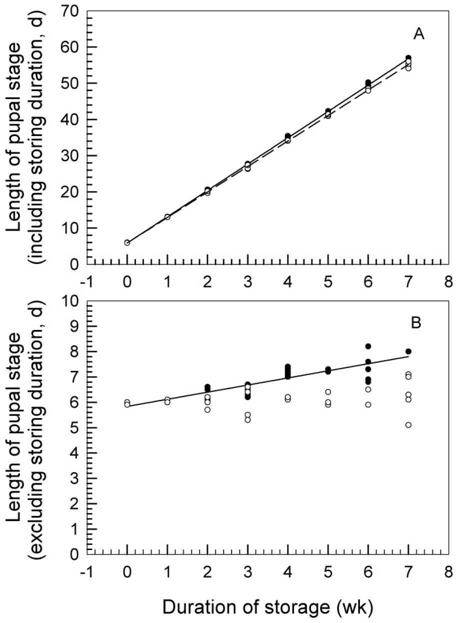


圖 2. 岡崎釉小蜂蜂蛹經 7 或 10℃貯存 0 至 7 週後在 25℃下之蛹期。

Fig. 2. Length of the pupal stage of *Closterocerus okazakii* at 25℃ after the pupae were stored at 7 or 10℃ for 0 to 7 weeks. Regression lines are drawn for those relationships where $p <$ 0.01. A: 7℃ (●) $y = 7.269x + 5.845$, $R^2 = 0.9993$; 10℃ (○) $y = 7.041x + 5.899$, $R^2 = 0.9994$. B: 7℃ (●) $y = 0.2806x + 5.838$, $R^2 = 0.7291$; 10℃ (○) no regression relationship.

處理間無顯著差異 (表 2)；蜂蛹在 10℃貯存 5 與 7 週後，雌蜂壽命、雄蜂壽命、子蜂數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值，更顯著較對照組減少 73.8–94.1、66.7–92.5、97.4–100、94.4–100 及 75.0%，處理間除最後一項外均無顯著差異 (表 2)。

蜂蛹不論在 7℃貯存 1–3 週或在 10℃貯存 1、3、4、5 及 7 週時，彼等日產卵型式或日取食寄主型式與對照組不一，各處理組之產卵或取食前期雖均為 0 日，但各處理之產卵或取食期不僅均縮短，產卵或取食高峰期亦延後；除在 7℃貯存 1–3 週時，每日產卵量明顯高於取食量外，其餘各處理組每日取食量與產卵量近似或略高，不若對照組每日產卵量明顯高於取食量 (圖 3)。

成蜂貯存對生育力與致死寄主能力之影響

雌蜂在 15℃貯存 10–30 日者，子代雌性比雖與對照組無顯著差異，但壽命、子蜂數、產卵致死寄主數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值等，各較對照組顯著降低 25.1–40.1、67.5–78.4、57.4–71.1、26.0–44.8 及 65.0–75.0%，且處理間無顯著差異 (表 3)；

表 1. 岡崎釉小蜂蛹經 7 與 10℃下貯存 0 至 7 週後在 25℃下之羽化率與蛹期

Table 1. Percent emergence and length of the pupal stage ($\bar{x}$ ± SEM) of *Closterocerus okazakii* at 25℃after the pupae had been stored at 7 and 10℃ for 0 to 7 weeks [z, y]

Duration of storage (wk)	Percent emergence		Length of pupal stage (storage duration included, d)		Length of pupal stage (storage duration excluded, d)	
	7℃	10℃	7℃	10℃	7℃	10℃
0 (ck)	97.8 ± 1.1 Aa	97.8 ± 1.1 Aa	5.9 ± 0.1	5.9 ± 0.1	5.9 ± 0.1Ac	5.9 ± 0.1 Aa
1	90.4 ± 0.4 Bb	95.1 ± 0.9 Aa	13.1 ± 0.1	13.1 ± 0.1	6.1 ± 0.1 Ac	6.1 ± 0.1 Aa
2	83.1 ± 1.2 Bbc	94.0 ± 0.8 Aa	20.4 ± 0.2	20.0 ± 0.1	6.4 ± 0.2 Ac	6.0 ± 0.1 Aa
3	79.3 ± 3.5 Ac	86.0 ± 2.7 Ab	27.4 ± 0.1	26.9 ± 0.3	6.4 ± 0.1 Ac	6.1 ± 0.3 Aa
4	56.0 ± 4.3 Bd	84.1 ± 4.2 Abc	35.1 ± 0.1	34.2 ± 0.1	7.1 ± 0.1 Ab	6.2 ± 0.1 Ba
5	43.1 ± 3.8 Be	83.3 ± 2.6 Abc	42.2 ± 0.2	41.1 ± 0.2	7.2 ± 0.2 Aab	6.1 ± 0.2 Ba
6	15.5 ± 2.1 Bf	79.4 ± 3.3 Acd	49.4 ± 0.3	48.1 ± 0.2	7.4 ± 0.3 Aab	6.1 ± 0.2 Ba
7	1.7 ± 0.6 Bg	69.5 ± 3.1 Ad	56.8 ± 0.5	55.3 ± 0.3	7.8 ± 0.5 Aa	6.3 ± 0.3 Ba

[z] With 30 pupae per treatment, four replicates.
[y] Means within percent emergence and length of pupal stage (storage duration excluded, d) followed by the same uppercase letter are not significantly different between 7 and 10℃ ($p < 0.05$, *t*-test). Means within each column followed by the same lowercase letter are not significantly different at $p < 0.05$ (LSD). Percentages of emergence were transformed to arcsine $\sqrt{x}$ prior to the ANOVA test.

表 2. 岡崎釉小蜂蛹經 7 或 10℃貯存 0 至 7 週後在 25℃下成蜂之壽命、生育力及致死寄主能力

Table 2. Longevity, fertility, and host-killing capability ($\bar{x}$ ± SEM) of *Closterocerus okazakii* adults at 25℃ after the pupae had been stored at 10℃ for 0 to 7 weeks [z, y]

Duration of storage (wk)	*n*	Longevity (d)		No. progeny/female		No. hosts killed/female			
		Female	Male	No. adults	Female proportion	Parasitized	Feeding	Total	Parasitized/ feeding
7ºC									
1	6	16.8 ± 1.7 Aab	14.0 ± 1.4 Aabc	141 ± 15 b	0.53 ± 0.07 a	152 ± 14 b	122 ± 15 a	274 ± 24 b	1.3 ± 0.2 bc
2	8	16.8 ± 1.5 Aab	18.6 ± 1.7 Aa	114 ± 13 bc	0.56 ± 0.04 a	125 ± 13 bc	108 ± 12 a	233 ± 23 b	1.3 ± 0.1 b
3	9	12.9 ± 1.2 Abc	9.9 ± 1.6 Acd	69 ± 13 d	0.53 ± 0.06 a	86 ± 15 c	61 ± 10 b	147 ± 24 c	1.4 ± 0.2 b
10ºC									
1	11	13.2 ± 1.5 Abc	14.7 ± 1.7 Aab	79 ± 10 cd	0.52 ± 0.03 a	92 ± 11 c	124 ± 17 a	216 ± 24 bc	0.9 ± 0.1 cd
3	10	11.8 ± 1.5 Ac	11.1 ± 1.8 Abc	77 ± 11 d	0.52 ± 0.03 a	95 ± 14 c	103 ± 19 ab	198 ± 32 bc	1.0 ± 0.1 cd
4	9	10.8 ± 1.3 Ac	9.1 ± 1.7 Acd	63 ± 11 d	0.60 ± 0.05 a	91 ± 15 c	108 ± 18 a	199 ± 32 bc	0.9 ± 0.1 de
5	10	4.9 ± 1.2 Ad	5.8 ± 1.4 Ade	6 ± 2 e	0.02 ± 0.02 b	8 ± 3 d	13 ± 3 c	21 ± 6 d	0.5 ± 0.1 e
7	9	1.1 ± 0.1 Ad	1.3 ± 0.3 Ae	0 e	—	0 d	0 c	0 d	—
Control	9	18.7 ± 2.8 Aa	17.4 ± 1.7 Aa	231 ± 24 a	0.60 ± 0.03 a	242 ± 25 a	130 ± 21 a	373 ± 42 a	2.0 ± 0.2 a

[z] One pair of adults was provided with 40–50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey daily under 25ºC, 14L:10D, and 65–85% RH.
[y] Means of longevity followed by the same uppercase letter denote that there are no significant differences between sexes ($p < 0.05$, *t*-test). Means in each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ (LSD).

表 3. 岡崎釉小蜂雌蜂經不同隔離寄主時間與二種溫度貯存後在 25℃下之壽命、生育力及致死寄主能力

Table 3. Longevity, fertility, and host-killing capability ($\bar{x}$ ± SEM) of female *Closterocerus okazakii* at 25℃ after the females had been stored and isolated from the hosts for various durations at 2 temperature regimes [z, y]

Duration of storage (d)	*n*	Longevity (d)	No. progeny/female		No. hosts killed/female			
			No. adults	Female proportion	Parasitized	Feeding	Total	Parasitized/ feeding
15℃								
10	12	12.8 ± 1.0 bc	75 ± 8 bc	0.68 ± 0.05 ab	97 ± 9 bc	142 ± 14 ab	239 ± 21 bc	0.7 ± 0.1 c
20	9	14.0 ± 1.6 bc	74 ± 12 bc	0.68 ± 0.04 ab	103 ± 18 bc	173 ± 26 a	276 ± 44 b	0.6 ± 0.1 cd
30	12	11.2 ± 1.4 cd	50 ± 9 cd	0.70 ± 0.10 a	70 ± 13 c	135 ± 21 ab	206 ± 32 bc	0.5 ± 0.1 cd
40	10	8.5 ± 1.5 d	23 ± 7 d	0.31 ± 0.14 c	28 ± 8 d	58 ± 15 c	86 ± 23 d	0.4 ± 0.1 de
50	5	8.0 ± 2.5 d	14 ± 11 d	0.44 ± 0.17 bc	18 ± 13 d	55 ± 25 c	73 ± 36 d	0.2 ± 0.1 e
25℃								
10	19	16.3 ± 0.9 ab	91 ± 7 b	0.53 ± 0.04 ab	113 ± 9 b	124 ± 9 b	238 ± 14 bc	1.0 ± 0.1 b
15	12	13.3 ± 1.0 bc	60 ± 7 c	0.21 ± 0.08 c	75 ± 10 c	117 ± 9 b	192 ± 18 c	0.6 ± 0.1 cd
Control	9	18.7 ± 2.8 a	231 ± 24 a	0.60 ± 0.03 ab	242 ± 25 a	130 ± 21 ab	373 ± 42 a	2.0 ± 0.2 a

[z] Female wasp was provided with 40–50 third instars of *Liriomyza sativae* and honey daily under 25ºC, 14L : 10D, and 65–85% RH.
[y] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$ (LSD).

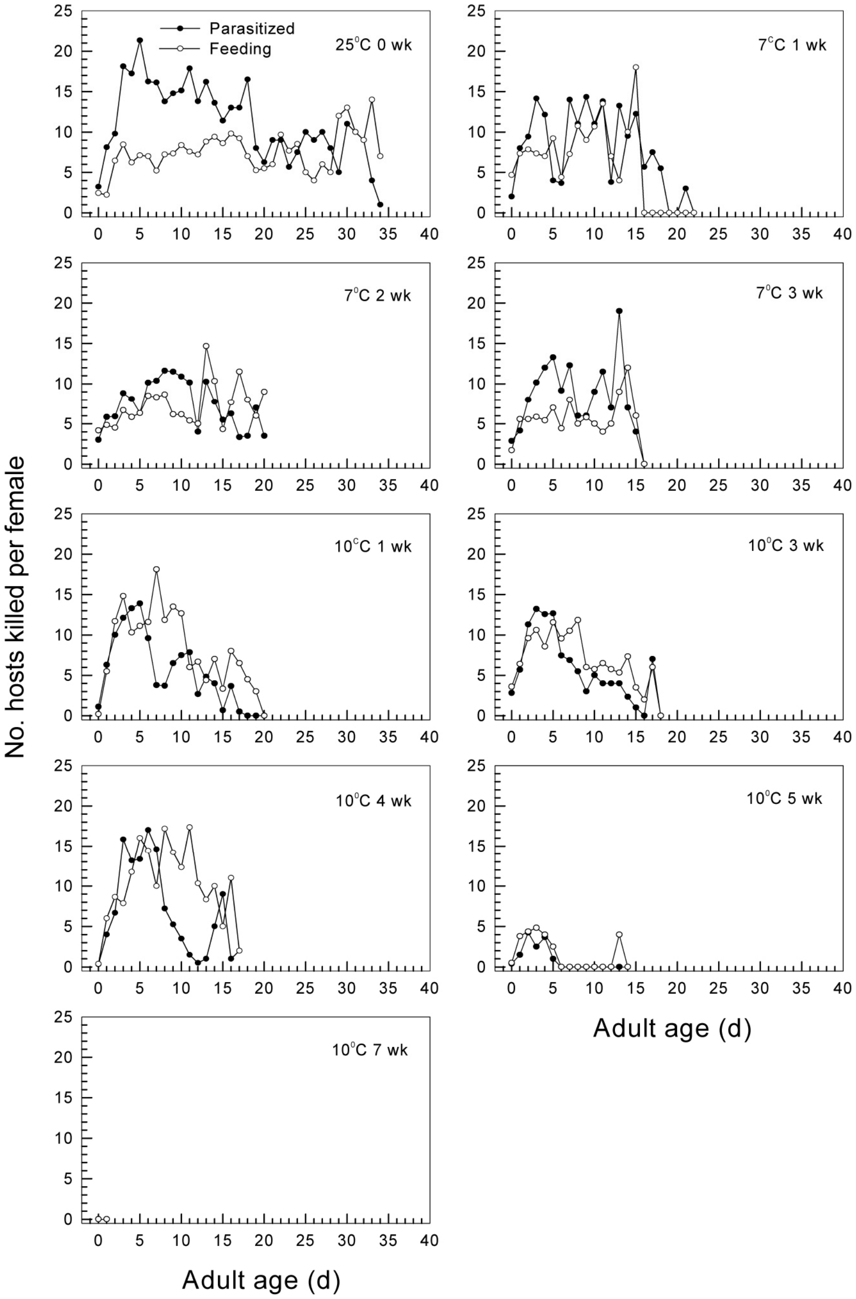


圖 3. 岡崎釉小蜂蛹經不同貯存時間與溫度處理後成蜂在 25℃下之日產卵與取食寄主型式。

Fig. 3. Daily oviposition and host-feeding patterns of female *Closterocerus okazakii* at 25℃ after the pupae had been stored for various durations at 2 temperature regimes.

雌蜂在 15℃貯存 40 與 50 日者，壽命、子蜂數、產卵致死寄主數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主之比值，較對照組各顯著大幅降低，各達 54.5–57.2、90.0–93.9、88.4–92.6、76.9–80.4 及 80.0–90.0% (表 3)。雌蜂在 25℃貯存 10 與 15 日時，前者其壽命與子代雌性比雖與對照組無顯著差異，但二處理之子蜂數、產卵致死寄主數、致死寄主總數及寄生致死寄主與取食致死寄主比值等，均較對照組顯著降低，各達 60.6 與 74.0、53.3 與 69.0、36.2 與 48.5 及 50.0 與 70% (表 3)，二處理間除致死寄主總數無顯著差異外，其餘測試值處理間均呈顯著差異 (表 3)。

雌蜂不論在 15℃貯存 10–50 日或在 25℃貯存 10–15 日時，彼等日產卵型式或日取食寄主型式與對照組不一 (圖 4)。各處理之產卵或取食期均較對照組縮短。另除在 25℃貯存 10 日處理組每日產卵量與取食量近似外，其餘各處理組每日取食量明顯高於產卵量，不若對照組每日產卵量明顯高於取食量 (圖 4)。

討　　論

貯存之適當蟲期與條件

經本試驗測試岡崎釉小蜂蜂蛹與成蜂各經貯存後，對其羽化率、壽命、生育力、雌性比及致死寄主能力之影響，發現該蜂並不適宜長時間貯存。但若必須貯存時，其在室內繁殖時之較適貯存蟲期與條件，依序為 0 日齡蛹在 7℃貯存 1–2 週、其次為雌蜂在 15 與 25℃餵食純蜂蜜各貯存 10–20 與 10 日，此時前者與後者之子蜂數將各減少 39.0–50.6 與 60.6–68.0%；若釋放田間做為生物農藥使用時，其較適貯存蟲期與條件可放寬 0 日齡蛹在 7 與 10℃各貯存 1–2 與 1–4 週、或雌蜂在 15 與 25℃餵食純蜂蜜各貯存 10–30 與 10 日，此時其致死寄主總數將減少 26.0–46.9%。至於蜂蛹冷藏對成蜂之影響，其生理原因尚待探討。

產卵調節與保育

Bell & Bohm (1975) 認為採取應變式產卵 (synovigenic) (即非營養性胚胎膜型，anhydropic) 繁殖策略之寄生蜂，在不適繁衍環境下常以卵吸收 (oosorption) 之方式調節產卵時機，從而保存生殖資源並獲得與適齡寄主發生同律性 (synchronization) 之機會。岡崎釉小蜂依生物特性其卵形成之方式屬應變式產卵 (Chien & Ku 2001; Chien & Chang 2009a, b)。本試驗雖未探究該蜂在隔離寄主後是否有卵吸收現象，但研究結果顯示雌蜂僅餵食純蜂蜜在 15 或 25℃定溫貯存 10–30 或 10–15 日後，遭遇寄主時，其寄生能力僅各達對照組之 28.9– 46.7%，產子蜂數亦僅各達對照組之 21.6–39.4% (表 3)。由此推知岡崎釉小蜂當棲所環境不穩定，致使其與寄主同律性遭受破壞時，其產卵調節時間在 15℃時雖較 25℃延長，但為發揮岡崎釉小蜂對蔬菜斑潛蠅之抑制效果，建議田間防治蔬菜斑潛蠅時，除慎選對寄生蜂無毒或低毒之選擇性藥劑外，尚應注意藥劑之殘效期避免超過寄生蜂之產卵調節時限，及在田間供應寄生蜂蜜源以延長其壽命。

岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂產卵調節能力之比較

岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂 [*Chrysocharis pentheus* (Walker)] 同為台灣地區蔬菜斑潛蠅之有效寄生蜂 (Chien & Chang 2008a, b, 2009a, b)。但二種寄生蜂之雌蜂不論在 25℃定溫各貯存 10 日、或岡崎釉小蜂在 15℃定溫貯存 10–20 日、或底比斯釉小蜂在 15℃定溫貯存 10–40 日，遭遇寄主時，岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂之寄生能力均各大幅下降 53.3–59.9 與 71.6–88.9%，顯見二蜂之產卵調節能力均不佳，但二蜂相較下以岡崎釉小蜂略強。

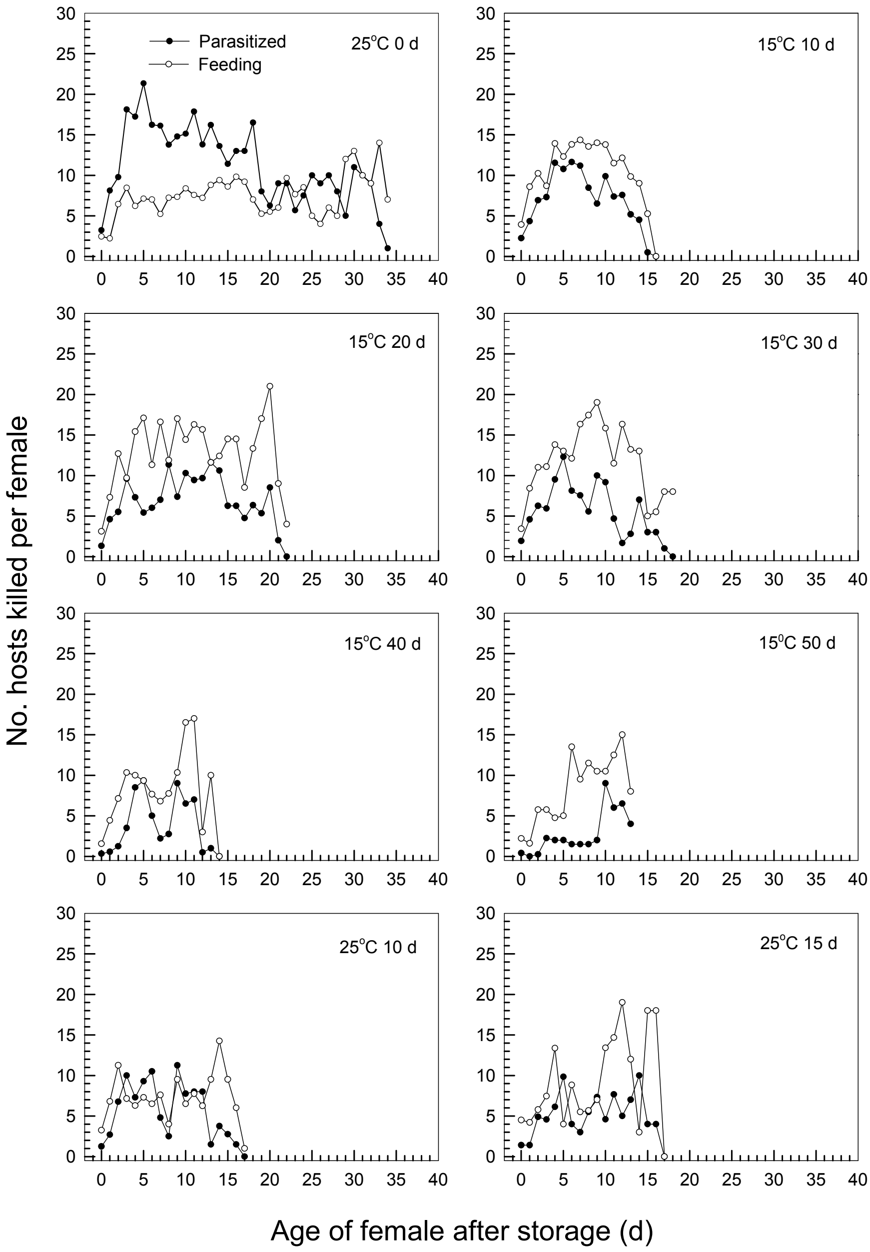


圖 4. 岡崎釉小蜂雌蜂經不同隔離寄主時間與溫度處理後在 25℃下之日產卵與取食寄主型式。

Fig. 4. Daily oviposition and host-feeding patterns of female *Closterocerus okazakii* at 25℃ after the females had been stored and isolated from the hosts for various durations at 2 temperature regimes.

引用文獻 (Literature cited)

Arakaki, N. and K. Kinjo. 1998. Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, southern Japan. Appl. Entomol. Zool. 33:577–581.

Bell, W. J. and M. K. Bohm. 1975. Oosorption in insects. Biol. Rev. 50:373–396.

Chen, Y. and Q. Ye. 2002. Studies on the biological characteristics of *Neochrysocharisis okazakii* Kamijo (Hymenoptera: Braconidae). Acta Entomol. Sin. 45 (Suppl.):128–131. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008a. Morphology and life history of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:159–181. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008b. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:277–291. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008c. The influence of storage temperature and duration on *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:293–304. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009a. Morphology and life history of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Eulophidae). Formosan Entomol. 29:25–36. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009b. Influence of temperature on the life table and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 29:37–50. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. Jour. Agric. Res. China 45:69–88. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1998. The occurrence of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on fields of *Gerbera jamesonii*. Chinese J. Entomol. 18:187–197 (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21:89–97. (in Chinese with English abstract)

Huang, J. C., Z. H. Lin, and J. H. Chen. 2000. Studies on biology of *Neochrysocharis okazakii* Kamijo (Hymenoptera: Eulophidae). Entomol. J. East China 9(2): 34–38. (in Chinese with English abstract)

Lin, F. C. and C. L. Wang. 1992. The occurrence of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 12:247–257. (in Chinese with English abstract)

Zeng, L., J. J. Wu, and W. Q. Zhang. 1999. Preliminary studies on the parasitoids of *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in Guangdong. Nat. Enemies Insects 21:113–116. (in Chinese with English abstract)

The Influence of Storage Temperature and Duration on the Fertility and Host-Killing Capability of *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae)[1]

Ching-Chin Chien[2,3] and Shu-Chen Chang[2]

Abstract

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2010. The influence of storage temperature and duration on the fertility and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). J. Taiwan Agric. Res. 59:289–298.

Closterocerus okazakii (Kamijo) is one of the dominant species in the parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard in Taiwan. In an attempt to increase the availability of the biological control agent of *C. okazakii*, the influence of storage temperature and duration on this wasp was investigated. The results of the investigation showed that there was a significant difference in the percent emergence between 0-day-old pupae stored at 7℃ for 1–2 weeks (% emergences of 83.1–90.4%) and the control (% emergence of 97.8%). However, the percent emergence did not decrease if the 0-day-old pupae were stored at 10℃ for 1–2 weeks. When the pupae were stored at 7℃ for 1–2 weeks and the emergent wasps were reared at 25℃ with honey and host (*L. sativae*), the longevity and female proportion were not significantly different from the control; but the offspring production, host-killing capability and proportion host parasitized per fed were significantly decreased by 39.0–50.6、26.5–37.5 and 35.0%. When the pupae were stored at 7℃ for 3 weeks or 10℃ for 1–4 weeks, the female longevity, offspring production, and host-killing capability were significantly decreased by 29.4–42.2、65.8–72.7 and 42.1–60.6%, respectively, compared to those of the control. Adults (0-day-old) were fed only with honey at 15 and 25℃ for various periods for the study of storage conditions. After the end of the storage periods, wasps were kept at 25℃ with both honey and hosts to evaluate their offspring production and host-killing capability. The results revealed that offspring production and host-killing capability of the wasps significantly decreased by 60.6–68.0 and 26.0–36.2% compared to those of the controls after the adults had been stored at 15℃ for 10-20 days and 25℃ for 10 days, respectively. Daily oviposition and host-feeding patterns of females after strage were different from the control. Long-tern storage of pupae and adults of *C. okazakii* is not recommended. But if long-term storage is required, the best storage condition is maintaining the 0-day-old pupae at 7℃ for 1–2 weeks, followed by female wasps fed with pure honey at 15 and 25℃ for 10–20 and 10 days, respectively. The best storage conditions for wasp release as biopesticide are maintaining 0-day-old pupae at 7℃ for 1–2 weeks or 10℃ for 1–4 weeks; and female wasps fed with honey at 15℃ for 10–30 days or 25℃ for 10 days.

Key words: *Closterocerus okazakii*, *Liriomyza sativae*, Storage, Fertility, Host-killing capability.

---

1. Contribution No. 2442 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: December 15, 2010.
2. Respectively, Senior Entomologist and Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: chien@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

台 灣 農 業 研 究

第五十九卷 目 次

第一期

研究報告

李裕娟、楊純明 蕭巧玲	暗期光中斷對水稻生長、發育及生產之影響	1
陳錦桐、彭金騰 陳美杏、簡宣裕	堆肥室內發酵與傳統發酵對洋菇產量之影響	19
倪蕙芳、許淑麗 陳瑞祥、楊宏仁	台灣地區土壤中木黴菌株對植物病原真菌拮抗能力之篩選	29
倪蕙芳、賴素玉 許淑麗、張淑芬 楊宏仁	應用試管培養方式評估根腐線蟲在山藥內之繁殖能力	42
陳威臣、李秋儀 詹勁松、曹進義 夏奇鈮	金屬離子與誘引劑處理對丹參毛狀根生長與丹參酮累積之影響	49

研究簡報

呂椿棠、呂秀英	台灣稻作資訊系統之研發及應用	61

第二期

研究報告

吳惠卿、陳烈夫 魏夢麗、呂秀英	一種簡單經濟的洋香瓜葉面積估算技術	71
邱輝龍、陳榮芳 許圳塗、張清棻	台灣芭蕉倍數性的研究	78
魏夢麗、鍾依涵 呂椿棠、呂秀英	水稻抗白葉枯病基因同義密碼子使用偏性之影響因素探討	86
謝光照	糯質玉米自交系籽粒種皮厚度之變異	103
劉紹國、謝光照	超甜玉米自交系籽粒種皮厚度之變異與組合力分析	112
陳鯤兆、吳昭慧 廖俊旺、楊淑惠	銀耳多醣於改善便秘之動物模式評估	126

研究簡報

邱一中、林鳳琪 石憲宗、王清玲	殺蟲劑對檬果小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) (Thysanoptera: Thripidae) 之毒效	134

第三期

研究報告

黃哲倫、廖文昌 詹錦豐、賴永昌	使用反應曲面法決定紫甘藷塊根最佳花青素萃取參數	143
林鳳琪、邱一中 徐孟愉、王清玲	常見薊馬幼蟲形態鑑定 (昆蟲綱：纓翅目)	151
夏奇鋁、黃健瑋 陳威臣、曹進義 梁淑惠、蔡新聲	利用莖節培養誘導多倍體台灣金線連之研究	165
李奇峰、邱一中	黃條葉蚤 [*Phyllotreta striolata* (Fabricius)] (Coleoptera: Chrysomelidae) 之幼生期形態研究	177
蔣功國、溫英杰 李維育、張靜誼	龍眼種原遺傳多樣性之 ISSR 標誌研究	185
張哲瑋、顏昌瑞 王婉伶、劉茂南	荔枝新品種'台農 5 號 (紅寶石)'之育成	197
黃阿賢、洪士程	砧木種類對桶柑植株生長、產量與品質的影響	209

第四期

研究報告

吳容儀、賴彥旭	栽培介質對大慧星風蘭植株生育之研究	219
歐錫坤、陸明德 劉明穗、宋家瑋	'春豐'桃的育成	228
王昭月、曾夢蛟	利用葉綠素螢光與有效授粉估測甜椒之耐熱性	237
高靜華、黃毓斌 江明耀、謝雨蒔 鄭　允	東方果實蠅大面積區域防治效果評估模式研究- 台東地區釋迦果園測試	249
丁柏瑜、張　翔 高于雯、呂秀英 陳榮芳、吳明哲 陳烈夫	異戊烯轉移酶 (*ipt*) 基因轉殖青花菜花粉活性及其 相近菜種雜交之研究	261
吳東鴻、胡凱康	水稻於良種繁殖制度下之遺傳變異	275
錢景秦、張淑貞	貯存溫度與時間對岡崎釉小蜂 (*Closterocerus okazakii*) (膜翅目：釉小蜂科) 生育力與致死寄主能力之影響	289

勘誤 [59(2):126–133 (2010)]

陳鯤兆、吳昭慧 廖俊旺、楊淑惠	銀耳多醣於改善便秘之動物模式評估

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Contents of volume 59

Number 1

Research Reports

Yuh-Jyuan Lee, Chwen-Ming Yang, and Chiao-Ling Hsiao	Effects of Short-term Night Interruption on the Growth, Development, and Yield of Rice	1
Jin-Tong Chen, Jin-Torng Peng, Meei-Hsing Chen, and Shiuan-Yuh Chien	Effect of Indoor Composting and Conventional Composting on the Yield of *Agaricus bisporus*	19
Hui-Fang Ni, Shu-Li Hsu, Ruey-Shyang Chen, and Hong-Ren Yang	Screening of *Trichoderma* spp. from Soils in Taiwan for Antagonism on Fungal Plant Pathogens	29
Hui-Fang Ni, Su-Yu Lai, Shu-Li Hsu, Shu-Fen Chang, and Hong-Ren Yang	Evaluation of Reproduction of *Pratylenchus coffeae* on Yam (*Dioscorea* spp.) *in vitro* Culture	42
Uei-Chern Chen, Choi-Yi Lee, Hsiao-Sung Chan, Chin-Yi Tsao, and Chi-Ni Hsia	Influence of Metal Ion and Elicitor on Hairy Root Growth and Production of Tanshinones of *Salvia miltiorrhiza*	49

Research Note

Chun-Tang Lu and Hsiu-Ying Lu	Establishment and Application of Taiwan Rice Information System	61

Number 2

Research Reports

Hui-Chin Wu, Lit-Fu Chan, Meng-Li Wei, and Hsiu-Ying Lu	A Simple and Inexpensive Technique for Estimating Leaf Surface Area of Muskmelon (*Cucumis melo* L.)	71
Hui-Lung Chiu, Long-Fang O. Chen, Chou-Tou Shii, and Yu-Chu Chang	Study on Ploidy of *Musa formosana* (Warb.) Hayata in Taiwan	78
Meng-Li Wei, Yi-Han Chung, Chun-Tang Lu, and Hsiu-Ying Lu	Factors Influencing the Synonymous Codon Usage Bias in the Genes for Resistance to Bacterial Leaf Blight (*Xanthomonas oryza* pv. *oryza*) of Rice (*Oryza sativa*)	86
Guang-Jauh Shieh	Variation of Pericarp Thickness in Inbred Lines of Glutinous Corn	103
Shao-Kuo Liu and Guang-Jauh Shieh	Variation and Combining Ability of the Traits for Pericarp Thickness in Inbreds of Super-Sweet Corn	112
Kun-Chao Chen, Jhaol-Huei Wu, Jiunn-Wang Liao, and Shu-Hui Yang	Polysaccharides of *Tremella fuciformis* as a Diet for Improvement of Constipation in Rats	126

Research Note

Yi-Chung Chiu, Feng-Chyi Lin, Hsien-Tzung Shih, and Chin-Ling Wang	Toxicity of Insecticides to *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) on Mango	134

Number 3

Research Reports

Che-Lun Huang, Wayne-Chang Liao, Chin-Feng Chan, and Yung-Chang Lai	Optimization for the Anthocyanin Extraction from Purple Sweet Potato Roots, Using Response Surface Methodology	143
Feng-Chyi Lin, Yi-Chung Chiu, Meng-Yu Hsu, and Chin-Ling Wang	Morphological Identification of Thrips Larvae (Insecta: Thysanoptera)	151
Chi-Ni Hsia, Jian-Tan Huang, Uei-Chern Chen, Chin-Yi Tsao, Shu-Hui Liang, and Hsin-Sheng Tsay	*In Vitro* Induction of Polyploidy from Nodal Explants of *Anoectochilus formosanus*	165
Chi-Feng Lee and Yi-Chung Chiu	Immature Stages of *Phyllotreta striolata* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae)	177
Kung-Kuo Chiang, Ien-Chie Wen, Wei-Yu Lee, and Ching-Yi Chang	Genetic Diversity Analysis Using ISSR Marker on Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) Germplasm	185
Jer-Way Chang, Chung-Ruey Yen, Wan-Ling Wang, and Mau-Nan Lu	A New Litchi Cultivar 'Tainung No. 5 (Ruby)'	197
A-Shiarn Hwang and Shih-Cheng Hung	Effects of Rootstocks on Tree Growth, Yield and Fruit Quality of Tankan Tangor	209

Number 4

Research Reports

Rung-Yi Wu and Yen-Hsu Lai	Study on Growing Media for Growth and Development of *Angraecum sesquipedale*	219
Shyi-Kuan Ou, Ming-Te Lu, Ming-Hui Liu, and Chia-Wei Song	Breeding of 'Chuenfeng' Peach	228
Jau-Yueh Wang and Menq-Jiau Tseng	Heat Tolerance Evaluation of Sweet Pepper by Chlorophyll Fluorescence Assessment and Effective Pollination	237
Ching-Hua Kao, Yu-Bing Huang, Ming-Yao Chiang, Yu-Shih Hsieh, and Edward Y. Cheng	An Assessment on Area-Wide Control of the Oriental Fruit Fly for Sugar Apple in Taiwan	249
Po-Yu Ting, Hsiang Chang, Yu-Wen Kao, Hsiu-Ying Lu, Long-Fang O. Chen, Min-Tze Wu, and Lit-Fu Chan	Pollen Viability and Cross Ability of Isopentenyl Transferase (*ipt*)-Gene Transformed Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and Its Relatives	261
Dong-Hong Wu and Kae-Kang Hwu	Rice Genetic Variation under the Three-Step Propagation System	275
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang	The Influence of Storage Temperature and Duration on the Fertility and Host-Killing Capability of *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae)	289

Erratum [Cover page of 59(2):126–133 (2010)]

Kun-Chao Chen, Jhaol-Huei Wu, Jiunn-Wang Liao, and Shu-Hui Yang	Polysaccharides of *Tremella fuciformis* as a Diet for Improvement of Constipation in Rats

台 灣 農 業 研 究

作者索引

丁柏瑜	261	張淑貞	289
王昭月	237	張靜誼	185
王婉伶	197	曹進義	49, 165
王清玲	134, 151	梁淑惠	165
石憲宗	134	許圳塗	78
江明耀	249	許淑麗	29, 42
吳明哲	261	陳威臣	49, 165
吳東鴻	275	陳美杏	19
吳昭慧	126	陳烈夫	71, 261
吳容儀	219	陳瑞祥	29
吳惠卿	71	陳榮芳	78, 261
呂秀英	61, 71, 86, 261	陳錦桐	19
呂椿棠	61, 86	陳鯤兆	126
宋家瑋	228	陸明德	228
李奇峰	177	彭金騰	19
李秋儀	49	曾夢蛟	237
李裕娟	1	黃阿賢	209
李維育	185	黃哲倫	143
林鳳琪	134, 151	黃健瑭	165
邱一中	134, 151, 177	黃毓斌	249
邱輝龍	78	楊宏仁	29, 42
洪士程	209	楊純明	1
胡凱康	275	楊淑惠	126
倪蕙芳	29, 42	溫英杰	185
夏奇鋸	49, 165	詹錦豐	143
徐孟愉	151	詹効松	49
高于雯	261	廖文昌	143
高靜華	249	廖俊旺	126
張　翔	261	劉明穗	228
張哲瑋	197	劉茂南	197
張清棻	78	劉紹國	112
張淑芬	42	歐錫坤	228

蔣功國	185
蔡新聲	165
鄭　允	249
蕭巧玲	1
賴永昌	143
賴彥旭	219
賴素玉	42
錢景秦	289
謝光照	103, 112
謝雨蒔	249
鍾依涵	86
簡宣裕	19
顏昌瑞	197
魏夢麗	71, 86

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Authors Index

Chan, Chin-Feng	143
Chan, Hsiao-Sung	49
Chan, Lit-Fu	71, 261
Chang, Ching-Yi	185
Chang, Hsiang	261
Chang, Jer-Way	197
Chang, Shu-Chen	289
Chang, Shu-Fen	42
Chang, Yu-Chu	78
Chen, Jin-Tong	19
Chen, Kun-Chao	126
Chen, Long-Fang O.	78, 261
Chen, Meei-Hsing	19
Chen, Ruey-Shyang	29
Chen, Uei-Chern	49, 165
Cheng, Edward Y.	249
Chiang, Kung-Kuo	185
Chiang, Ming-Yao	249
Chien, Ching-Chin	289
Chien, Shiuan-Yuh	19
Chiu, Hui-Lung	78
Chiu, Yi-Chung	134, 151, 177
Chung, Yi-Han	86
Hsia, Chi-Ni	49, 165
Hsiao, Chiao-Ling	1
Hsieh, Yu-Shih	249
Hsu, Meng-Yu	151
Hsu, Shu-Li	29, 42
Huang, Che-Lun	143
Huang, Jian-Tan	165
Huang, Yu-Bing	249
Hung, Shih-Cheng	209
Hwang, A-Shiarn	209
Hwu, Kae-Kang	275
Kao, Ching-Hua	249
Kao, Yu-Wen	261
Lai, Su-Yu	42
Lai, Yen-Hsu	219
Lai, Yung-Chang	143
Lee, Chi-Feng	177
Lee, Choi-Yi	49
Lee, Wei-Yu	185
Lee, Yuh-Jyuan	1
Liang, Shu-Hui	165
Liao, Jiunn-Wang	126
Liao, Wayne-Chang	143
Lin, Feng-Chyi	134, 151
Liu, Ming-Hui	228
Liu, Shao-Kuo	112
Lu, Chun-Tang	61, 86
Lu, Hsiu-Ying	61, 71, 86, 261
Lu, Mau-Nan	197
Lu, Ming-Te	228
Ni, Hui-Fang	29, 42
Ou, Shyi-Kuan	228
Peng, Jin-Torng	19
Shieh, Guang-Jauh	103, 112
Shih, Hsien-Tzung	134

Shii, Chou-Tou 78
Song, Chia-Wei 228
Ting, Po-Yu 261
Tsao, Chin-Yi 49, 165
Tsay, Hsin-Sheng 165
Tseng, Menq-Jiau 237
Wang, Chin-Ling 134, 151
Wang, Jau-Yueh 237
Wang, Wan-Ling 197
Wei, Meng-Li 71, 86
Wen, Ien-Chie 185
Wu, Dong-Hong 275
Wu, Hui-Chin 71
Wu, Jhaol-Huei 126
Wu, Min-Tze 261
Wu, Rung-Yi 219
Yang, Chwen-Ming 1
Yang, Hong-Ren 29, 42
Yang, Shu-Hui 126
Yen, Chung-Ruey 197

台 灣 農 業 研 究

關鍵詞索引

GC 含量	86
二次代謝物	49
大慧星風蘭	219
小黃薊馬	134
山藥	42
中早熟	228
丹參	49
丹參酮	49
介質	219
分子演化	86
反應曲面法	143
木黴菌	29
水稻	1, 61, 275
世系	228
台農 5 號	197
台灣芭蕉	78
幼蟲	151, 177
玉米	103
生育力	289
生物防治	29
生長	1
生產	1
生產栽培履歷	61
同義密碼子使用偏性	86
多醣	126
作物資訊系統	61
形態	151
抗微管藥劑	165
育種	197
育種程序	61
良種繁殖制度	275
良質米	61
刺毛序列學	177
岡崎釉小蜂	289
東方果實蠅	249
果實品質	209
知識庫	61
秈稻	275
花青素	143
花粉管生長	237
花期重疊	261
芥藍	261
金花蟲科	177
金線連	165
金屬離子	49
非破壞性估算	71
便秘	126
室內發酵	19
拮抗性	29
染色體數	78
毒效	134
洋菇	19
流式細胞技術	78
流式細胞儀	165
秋水仙素	165
突變偏性	86
紅寶石	197
耐熱	237
致死寄主能力	289
倍數體	165
效果評估	249
根腐線蟲	42
砧木	209
荔枝	197
動物模式	126
區域防治	249
堆肥	19
基因表達程度	86

基因流佈 261
基因組大小 78
密度監測 249
桶柑 209
殺蟲劑 134
甜椒 237
產量 19, 209
野生香蕉 78
植物病原真菌 29
紫甘藷 143
萃取 143
萎縮病 209
貯存 289
超甜玉米 112
黃條葉蚤 177
感光性 1
暗期光中斷 1
極低需冷量 228
溫帶型 112
葉形 71
葉面積 71
葉綠素螢光 237
蛹 177
試管培養 42
預測準確度 71
種皮厚度 103, 112
網頁平台 61
誘引劑 49
酵母誘引劑 49
銀耳 126
熱帶型 112
線性回歸模式 71
蔬菜斑潛蠅 289
遺傳多樣性 185
龍眼 185
繁殖能力 42
薊馬 134, 151
檬果 134
簡單重複序列間區分子標誌技術 185
簡單重複序列標誌 275
轉基因青花菜 261
離層酸 49
雜交率 261
譜系 228
糯質玉米 103
釋迦 249
鑑定 151
纓翅目 151
變異 103
稉稻 275

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Keywords Index

Abscisic acid (ABA)	49
Agaricus bisporus	19
Ancestry	228
Angraecum sesquipedale	219
Animal model	126
Anoectochilus formosanus	165
Antagonism	29
Anthocyanins	143
Area-wide control	249
Bacterial leaf blight	86
Bactrocera dorsalis	249
Biocontrol	29
Breeding procedure	61
Breeding	197
Chaetotaxy	177
Chinese kale	261
Chlorophyll fluorescence	237
Chromosome number	78
Chrysomelidae	177
Closterocerus okazakii	289
Colchicine	165
Compost	19
Constipation	126
Crop Information System	61
Danshen	49
Dark period light interruption	1
Dimocarpus longan	185
Dioscorea spp.	42
Elicitator	49
Extraction	143
Fertility	289
Flow cytometry	78, 165
Fruit quality	209
Fungal plant pathogens	29
GC3 content	86
Gene expression level	86
Gene flow	261
Genetic diversity	185
Genome size	78
Glutinous corn	103
Growth	1
Hairy root culture	49
Heat tolerance	237
High quality rice	61
Host-killing capability	289
Hybridization percentage	261
Identification	151
In vitro culture	42
Indica rice	275
Indoor composting	19
Insecticides	134
ISSR	185
Japonica rice	275
Knowledge database	61
Large acreage model	249
Larva	151, 177
Leaf shape	71
Linear regression model	71
Liriomyza sativae	289
Litchi	197
Maize	103
Mangifera indica	134

Mango 134
Medium early ripening 228
Medium 219
Metal ion 49
Micropropagation 165
Molecular evolution 86
Morphology 151
Musa formosana 78
Mutation bias 86
Nematode 42
Night interruption 1
Nondestructive estimation 71
Overlapped flowering days 261
Pedigree 228
Pericarp thickness 103, 112
Photo-sensitivity 1
Phyllotreata striolata 177
Pollen tube growth 237
Polyploidy 165
Polysaccharides 126
Pratylenchus coffeae 42
Prediction accuracy 71
Production 1
Pupa 177
Purple sweet potato 143
Reproduction 42
Response surface methodology 143
Rice (*Oryza sativa* L.) 1, 61, 275
Rootstock 209
Ruby 197
Salvia miltiorrhiza 49
Scirtothrips dorsalis 134
Secondary metabolites 49
SSR 275
Storage 289
Sugar apple 249
Super-sweet corn 112
Surface leaf area 71
Sweet pepper 237
Synonymous codon usage bias 86
Tainung No. 5 197
Tankan 209
Tanshinones 49
Temperate type 112
Three-step propagation system 275
Thrips 134, 151
Thysanoptera 151
Toxicity 134
Traceability of culture and production 61
Transgenic broccoli 261
Tremella fuciformis 126
Trichoderma virens 29
Tristeza 209
Tropical type 112
Variation 103
Very low chilling requirement 228
Web platform 61
Wild banana 78
Xanthomonas oryzae 86
Yam 42
Yeast elicitor (YE) 49
Yield 19, 209
Zea mays 112

誌謝

本學術期刊刊載農業研究成果報告，無論篇幅與內容上，均有明顯之成長與進步，深受國內外農業界支持。謹此，對今年參與本刊稿件評審工作的諸位評審委員（如下列；依姓名筆劃順序），表示誠摯之謝意與感激！

石信德	石憲宗	朱耀沂
呂福原	宋　妤	李國譚
李堂查	杜宜殷	沈再木
周微茂	林冠宏	林順福
林慧玲	柯文雄	柯俊成
胡澤寬	高建元	高景輝
張孟基	張哲嘉	張耀乾
曹幸之	莊益源	郭寶錚
陳仁炫	陳右人	陳甘澍
陳京城	陳宗禮	陳秋男
陳殿義	陳福旗	彭鏡毅
黃紹毅	黃榮南	黃鴻章
黃鵬林	楊平世	楊遠波
葉茂生	鄔宏潘	劉力瑜
鄭明倫	盧虎生	戴淑美
顏永福	顏志恆	顏國欽
羅朝村	羅筱鳳	

「台灣農業研究」稿約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫，但須附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份 (內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張 (長 29.6 公分，寬 21 公分) 兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利送審及電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12 字；英文 6 字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過 5 個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過 500 字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　文：依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSION)、誌謝 (ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 WORD®中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 **1. (Table 1.)**，表 **2. (Table 2.)** 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙（白色透明紙）上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中所有標示應以英文書寫（Arial 字型）或註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面（25 cm × 18 cm）為宜。

4、圖版及照片下方應有標題，並按文中出現的順序加上圖 **1. (Fig. 1.)**、圖 **2. (Fig. 2.)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如（Sung 1991）、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al.* 1992)，以年代先後為序置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。

3、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之 "Serial Sources for the BIOSIS Previews Database"或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen metabolism of rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31–38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。單位如以英文表示，則用國際公認標準符號（SI units）代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里（km）、公尺（m）、公分（=厘米）(cm)、公釐（=毫米）(mm)、微米（μm）。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、μg。
(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮 (=毫升) (mL)、μL。
(4)面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。
(5)溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。
(6)時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。
(7)濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。
(8)重力加速度：*g*。

2、其他之縮寫：平均 (*av*)、大約 (*ca*)、直徑 (diam.)。
3、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。
4、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 P (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (r) 、決定係數 (R^2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。
5、其他問題：
(1)單位與其前面數值之間應空一格，如 220 g。
(2)數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如 P = 0.014、23.6 ± 3.0、15 × 2。
(3)在±、×或 to 的前後兩數值若是含有單位，請用 23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20℃ to 30℃ (即勿省略前面數值之單位)。
(4)數值起迄符號用– (全型破折號)，勿用~或-，且與前後兩數值之間無須留空格，如 3–6、2005–2007 年、7 月 20–25 日。
(5)年代一律用西元。

五、其他注意事項
1. 生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。
2. 中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。

六、投稿方式
1.稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。
2.審稿程序請上網參閱本期刊「論文審查制度流程」，網址：http://www.tari.gov.tw/。

七、文稿必須是作者本身的著作，且作者為唯一的著作權擁有者，否則因此引發之法律責任將由作者負責。投稿應為未經刊登之文章，亦不得一稿多投。投稿需經所有作者同意。稿件經本期刊接受後，投稿人需繳交「著作權讓與書」，如未提供者，本期刊不予刊登。著作財產權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本期刊有權對文稿進行必要之詞句修改。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台　灣　農　業　研　究

（原中華農業研究）

第五十九卷　第四期

中華民國九十九年十二月出版

發　行　人：陳 駿 季
總　編　輯：方 尚 仁
主　　　編：吳 宜 晏　陳 盈 佑
編審委員：
生技組：吳 明 哲（主審）
作物組：歐 錫 坤（主審）
黃 肇 家　楊 純 明　施 昭 彰
農化組：郭 鴻 裕（主審）
簡 宣 裕　劉 滄 棽
植病組：安 寶 貞（主審）
鄧 汀 欽
應動組：王 清 玲（主審）
陳 健 忠
農工組：蔡 致 榮（主審）
種原組：溫 英 杰（主審）
農經組：張 釆 蘋（主審）
花卉中心：謝 廷 芳（主審）
嘉義分所：楊 宏 仁（主審）
鳳山分所：陳 甘 澍（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 59, No. 4 December, 2010

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Chen, Junne-Jih

EDITOR IN CHIEF: Fang, Shan-Jen

EDITORS:

Wu, Yi-Yan Chen, Ying-You

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)
Chen, Kan-Shu (Tropical Horticulture)
Hsieh, Ting-Feng (Floriculture)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Wen, Ien-Chie (Crop Genetic Resources)
Yang, Hong-Ren (Subtropical Agriculture)
Chang, Tsai-Ping (Agriculture Economics)
Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)
Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wu, Min-Tze (Biotechnology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Chien-Chung
Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin
Huang, Chao-Chia
Huang, Li-Duhng
Liu, Tsang-Sen
Shih, Jau-Chang
Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

勘誤 台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 59(2):126–133 (2010)

銀耳多醣於改善便秘之動物模式評估[1]

陳鯤兆[2] 吳昭慧[3] 廖俊旺[2,3] 楊淑惠[4,5]

摘　要

陳鯤兆、吳昭慧、廖俊旺、楊淑惠。2010。銀耳多醣於改善便秘之動物模式評估。台灣農業研究 59:126–133。

已知銀耳多醣具強大保水力及物理特性，頗具有開發為便秘改善劑之潛在應用性。本研究以每日 2 次皮下注射藥物 2 mg/kg Loperamide 誘導大鼠腸蠕動降低而導致便秘症狀發生為負控制組，並同時給予體重 1%或 5%銀耳多醣粉末，添加於粉狀飼料為實驗組，另以皮下注射生理食鹽水為正控制組，實驗時間共 14 天，以評估在飲食中添加銀耳多醣對於大鼠便秘症狀的改善情形及盲腸菌相。結果顯示，大鼠在給藥後給予1%或5%銀耳多醣，其排糞量、糞便總乾重及糞便含水量 (%) 與負對照組相比具有顯著性增加。盲腸內容物菌調查顯示，實驗組的產氣莢膜梭菌菌數顯著低於負向對照組。綜合以上評估，銀耳多醣飲食具有改善 Loperamide 藥物誘導大鼠便秘症狀作用，對人體亦可能有潛在的改善功效。

關鍵詞：銀耳、多醣、便秘、動物模式。

前　言

便秘是糞便長時間滯留在大腸中，導致水分被吸收、糞便體積縮小，造成排便次數減少，及排便困難或疼痛的情形。據統計西方社會有 10–20%的成年人自認為有便秘現象，這個數字與瀉劑的使用比率有一致性 (Kamma 2003)；在德國的調查中便秘人口更超過 27% (Tack *et al.* 2009)，便秘常見於年長者、需長期照護者、內科就醫患者及住院病人，現階段處理便秘問題，經常使用緩瀉劑及灌腸 (Syed 2007)。緩瀉劑之全球銷售總額超過 10 億美金，顯示便秘是常見而擾人的胃腸道問題，然而經常使用緩瀉劑及灌腸的人，會致使胃腸運動紊亂，影響個人生活品質 (Staiano *et al.* 2000)。我國中藥方劑中的「防風聖散」加上大腸生理回饋之訓練 (Su *et al.* 1997) 或「六磨湯」(Wang *et al.* 1997) 對於慢性機能性便秘具一定有療效；食用纖維質或多醣也有改善排便障礙的效果，如「合成難消化性寡醣與聚糊精」可明顯降低糞便中對甲酚含量並改善排便障礙 (Liu *et al.* 1994)；研究顯示食用蒟蒻多醣 (Konjac glucomannan)

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2403 號。接受日期：99 年 7 月 30 日。
2. 中興大學獸醫病理生物學研究所研究助理、副教授。台灣　台中市。
3. 中興大學動物疾病診斷中心研究助理、副教授。台灣　台中市。
4. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所經營利用系助理研究員。台灣　高雄縣　鳳山市。
5. 通訊作者，電子郵件：debbie@fthes-tari.gov.tw；傳真：(07)7315590。

可以增加糞便的水份含量及短鏈脂肪酸的濃度，降低糞便的酸鹼值 (Chen *et al.* 2006)；車前子 (Psyllium) 含可溶性及不可溶性纖維，可以顯著改善年長者的便秘問題 (Syed 2007)。

我們的前試驗研究顯示 (Yang 2007, 2008)，萃取自銀耳子實體的銀耳多醣，具有良好的保水力及化學穩定性。經有便秘困擾者的試用顯示，每日攝食 2–5 g 的多醣粉末 (溶於 300 mL 之液體後食用)，可以促進每日正常排便，有效改善便秘症狀。已知大鼠注射 Loperamide 可降低腸道蠕動，引起腸內容物停留腸內時間過長，並導致糞便含水量降低之動物便秘模式，達到誘發大鼠產生便秘現象 (Efskind *et al.* 1996; Schiller *et al.* 1984; Shimotoyodome *et al.* 2000)。本試驗主要目的即以動物模式探討銀耳多醣於 Loperamide 藥物誘導大鼠產生便秘症狀之情況下，評估其應用於維持腸胃道正常功能之可行性。

材料與方法

試驗樣品

銀耳子實體乾品原料，復水後以熱萃取方式進行萃取，經離心、過濾，收集萃取液為粗銀耳多醣 (TP, *Tremella* polysaccharide)，再經烘乾，打粉，於室溫貯存備用。供試驗用銀耳多醣為黃白色乾燥粉末，水份含量 13%，灰分含量 0.4%，總醣量 93% (Phenol sulfuric acid method)，微量蛋白含量 0.69% (Lowry's method)，可溶性纖維量 98% (Megazyme k-TDFR kits)，分子量約 $(1.6\text{–}2.0) \times 10^6$ Dalton (GPC method)，其單糖組成以甘露糖 (mannose) 為主，包括木糖 (xylose)、葡萄糖 (glucose) 及少量葡萄糖醛酸 (glucuronic acid) (Baets *et al.* 2001)。

試驗動物

以 Sprague-Dawley (SD) 品系雄性大鼠為試驗動物，購自樂斯科公司，試驗時大鼠為 8 週齡，體重約 350 g。試驗期間給予充足的飼料及逆滲透飲水，動物飼育室控制狀況為溫度 22–25℃，相對溼度 50–70%及 12 小時光/12 小時暗之光照週期。實驗動物使用與操作均依據『實驗動物管理與使用指南』之規範進行 (Yu *et al.* 2005) 並經中興大學動物實驗管理小組審查核准 (IACUC No.97-14)。

動物分組

本次試驗將大鼠分為 4 組，每組 8 隻，分別為第 1 組：正對照組 (positive control, saline plus blank diet)；第 2 組：負對照組 (Negative control, Loperamide plus blank diet)；實驗組分 2 組，第 3 組：銀耳多醣低劑量組 (Loperamide plus 1% TP in diet)；第 4 組：銀耳多醣高劑量 (Loperamide plus 5% TP in diet)。

試驗方法

對照組僅以皮下注射生理食鹽水 (saline)，一天兩次，並餵予粉狀飼料 (LabDiet 5001, Rodent diet, Purina Mills LLC, St. Louis, MO, USA)；負對照組每隻大鼠皮下注射 Loperamide 2 mg/kg (溶於生理食鹽水)，一天兩次，連續 14 天誘發便秘 (各針劑於每日上午 9 點及下午 6 點兩個時段給予)，並餵予空白粉狀飼料；銀耳多醣處理組除皮下注射 Loperamide 2 mg/kg，一天兩次，連續 14 天外，同時餵予含有體重 1%及 5%的銀耳多醣粉狀飼料。

評估項目

體重變化：第 0、1、4、7、10 及 14 天以電腦電子天平稱大鼠體重，最後計算其每組體重平均值以及標準差。

飼料消耗量分析：於試驗第 0 及 7 天，定量給予新鮮粉狀飼料，第 7 及 14 天以電子天平秤當週飼料剩餘量，並以原始總量減去剩餘飼料量，即為每週飼料消耗量。

糞便收集及分析：於試驗第 0、1、4、7、10 及 14 天早上收集各大鼠糞便，記錄糞便量

及總溼重，並將糞便放入封口袋置於-20℃先行保存，再將其放入 60℃烘箱內烘乾 24 小時，再秤其總乾重，計算糞便含水量 (%) = {[溼重 (g) − 乾重 (g)] ÷ 溼重 (g)} × 100。

菌相分析

第 14 天試驗結束時，大鼠以 CO_2 安樂死後，全身以 70%酒精噴濕消毒，在無菌操作台內解剖取出盲腸 (cecum) 容物，秤取約 0.5 g，加入含 4.5 mL 無菌厭氧稀釋液之試管中 (內含 5 粒玻璃珠)，取適當稀釋倍數，以表面塗抹法 (spread plate method) 加入 Bifidobacteria iodoacetate medium-25 (BIM-25® Agar, Creative Media Products, Ltd, Taiwan)、Rogosa 及 Tryptose-sulfite-cycloserine (TSC® Agar, Creative Media Products, Ltd, Taiwan) 培養基中，置於厭氧盒 (Generbox® JAR, Japanese) 中於 37℃培養 48 小時後計數益菌雙叉桿菌 (*Bifidobacteria*)、乳酸桿菌 (*Lactobacilli*) 及有害菌產氣莢膜梭菌 (*Clostridium perfringens*)，大腸桿菌 (*Escherichia coli*)則以表面塗抹法加入 Eosin Methylene Blue (EMB® Agar, Creative Media Products, Ltd, Taiwan) 培養基中，置 37℃一般培養箱 24 小時後計數落數。

統計分析

試驗期間各組之體重變化，依體重 (g) 或增重 (g 或%)、糞便重變化，以統計分析軟體 Microsoft Excel 進行 LSD test 比較分析，其組間顯著差異水準為 $P < 0.05$。

結　果

飼料消耗量

試驗結束後秤取飼料殘餘量，以 250 g 原飼料重相減，得到一週飼料消耗量，如表 1 所示。第一週正對照組、負對照組、銀耳多醣低劑量組及高劑量組飼料消耗量分別為 (177.6 ± 6.8) g、(168.9 ± 10.3) g、(177.1 ± 19.8) g 及 (172.6 ± 8.2) g，各組間並無顯著性差異 ($P > 0.05$)。第二週正對照組、負對照組、銀耳多醣低劑量組及高劑量組飼料消耗量分別為 (214.3 ± 25.5) g、(177.1 ± 22.5) g、(188.7 ± 19.0) g 及 (194.7 ± 19.8) g，飼料消耗量於負對照組與對照組相比具顯著性減少 ($P < 0.05$)。

體重變化

負對照組自第 10 天起至第 14 天，與正對照組相比體重即有顯著性減輕的現象，前者體重為 (355.8 ± 9.2) g、(373.7 ± 8.6) g，後者為 (387.1 ± 10.5) g、(415.6 ± 10.8) g。給予低及高劑量銀耳多醣組自試驗開始到結束體重，與正對照組相比較未有顯著性差異 ($P > 0.05$)，如表 2 所示。

表 1. 大鼠每週飼料消耗量
Table 1. Effect of *Tremella* polysaccharide diet on food-consumption in rats

Treatment [z]	Day 7 (g)	Day 14 (g)
C	177.6 ± 6.8 a [y]	214.3 ± 25.5 a
NC	168.9 ± 10.3 a	177.1 ± 22.5 b
TPL	177.1 ± 19.8 a	188.7 ± 19.0 b
TPH	172.6 ± 8.2 a	194.7 ± 19.8 ab

[z] C, control (saline plus blank diet); NC, negative control (loperamide plus blank diet); TPL, 1% Tremella polysaccharide (loperamide plus 1% TP in diet); TPH, 5% Tremella polysaccharide (loperamide plus 5% TP in diet).
[y] Mean ± standard error (n = 8).

表 2. 大鼠體重、糞便總濕重、糞便總乾重及糞便含水量

Table 2. Body weight, fecal weight, dry stool weight, and water content of fecal pellets of rats collected during the 14 days of feeding trial

Character of rats	Treatment [z]	Days after treatment 1	4	7	10	14
Body weight (g)	C	332.2 ± 10.1 a [y]	354.9 ± 10.1 a	358.5 ± 10.3 a	387.1 ± 10.5 a	415.6 ± 10.8 a
	NC	332.3 ± 5.0 a	343.3 ± 7.4 a	341.7 ± 6.5 a	355.8 ± 9.2 a	373.7 ± 8.6 b
	TPL	338.1 ± 6.4 a	351.0 ± 7.2 a	356.3 ± 6.9 a	369.7 ± 8.3 a	387.2 ± 6.6 b
	TPH	332.0 ± 5.5 a	353.6 ± 6.4 a	359.8 ± 8.2 a	378.5 ± 9.8 a	392.5 ± 9.9 ab
Fecal weight (g)	C	9.6 ± 0.8 a	11.2 ± 1.3 a	9.2 ± 0.5 bc	12.5 ± 0.8 a	12.0 ± 0.9 a
	NC	6.4 ± 1.0 b [x]	5.9 ± 0.7 b	7.2 ± 0.7 c	7.9 ± 0.6 b	7.8 ± 0.6 b
	TPL	7.8 ± 0.5 ab	8.9 ± 0.5 a	11.4 ± 1.7 ab	11.5 ± 1.3 a	14.1 ± 2.0 a
	TPH	9.1 ± 0.9 a	10.7 ± 1.2 a	14.4 ± 1.7 a	13.1 ± 1.2 a	15.3 ± 0.9 a
Dry stool weight (g)	C	5.5 ± 0.5 a	6.2 ± 0.4 a	5.1 ± 0.4 a	6.8 ± 0.5 a	7.1 ± 0.6 ab
	NC	3.8 ± 0.5 b	3.7 ± 0.4 c	4.4 ± 0.4 a	5.0 ± 0.4 b	5.7 ± 0.3 b
	TPL	4.4 ± 0.3 ab	5.2 ± 0.4 b	5.6 ± 0.4 a	6.2 ± 0.3 a	7.0 ± 0.8 ab
	TPH	4.5 ± 0.3 a	4.9 ± 0.2 b	6.7 ± 0.9 a	6.8 ± 0.4 a	8.2 ± 0.4 a
Water contents of feces (%)	C	43.3 ± 3.4 a	41.4 ± 3.3 b	44.8 ± 1.0 a	45.4 ± 2.5 a	40.8 ± 1.7 a
	NC	37.5 ± 3.4 a	37.3 ± 1.7 b	38.3 ± 1.7 a	36.5 ± 3.0 a	27.0 ± 2.1 b
	TPL	43.0 ± 2.4 a	41.5 ± 2.6 b	47.6 ± 3.2 a	43.6 ± 3.0 a	48.2 ± 3.7 a
	TPH	48.9 ± 2.6 a	50.7 ± 4.3 a	52.4 ± 5.8 a	47.0 ± 2.4 a	45.1 ± 3.3 a

[z] C, control (saline plus blank diet); NC, negative control (loperamide plus blank diet); TPL, 1% Tremella polysaccharide (loperamide plus 1% TP in diet); TPH, 5% Tremella polysaccharide. (loperamide plus 5% TP in diet).

[y] Mean ± standard error (n = 8).

[x] Significantly different at 5% level by LSD test compared with negative control group.

糞便收集與分析

糞便總濕重：觀察給藥後第 14 天的糞便，如圖 1 所示，正對照組、銀耳多醣低劑量組及銀耳多醣高劑量組糞便外觀較為潮濕而呈現深褐色，負對照組則較為乾燥而呈淺褐色。收集並計錄糞便濕重結果如表 2 所顯示，在給藥後第 1、4、7、10 及 14 天，負對照組糞便濕重 (5.9 ± 0.7) g 至 (7.9 ± 0.6) g 與正對照組 (9.2 ± 0.5) g 至 (12.5 ± 0.8) g 相比，負對照組糞便濕重有顯著性下降。銀耳多醣低及高劑量組於給藥後糞便濕重，前者為 (7.8 ± 0.5) g 至 (14.1 ± 2.0) g，後者為 (9.1 ± 0.9) g 至 (15.3 ± 0.9) g 與負對照組相比有顯著性增加；與正對照組相比則差異不顯著 ($P > 0.05$) 。

糞便總乾重：於試驗後第 1、4、7、10 及 14 天收集之糞材，以烘箱烘乾水分後得到糞便乾重，以電子天平稱重，得到糞便總乾重。如表 2 結果顯示，在給藥後第 1 天負對照組糞便總乾重 (3.8 ± 0.5) g 與正對照組 (5.5 ± 0.5) g 相比即有顯著性差異；在給藥後第 7、10 及 14 天，高劑量組糞便總乾重 (6.7 ± 0.9) g、(6.8 ± 0.4) g 及 (8.2 ± 0.4) g 與負對照組 (4.4 ± 0.4) g、(5.0 ± 0.4) g 及 (5.7 ± 0.3) g 相比較有顯著性增加 ($P < 0.05$)，顯示給予高劑量銀耳多醣會增加大鼠的排便總重；試驗期間銀耳多醣低及高劑量組在其糞便總乾重與正對照組相比無顯著性差異。

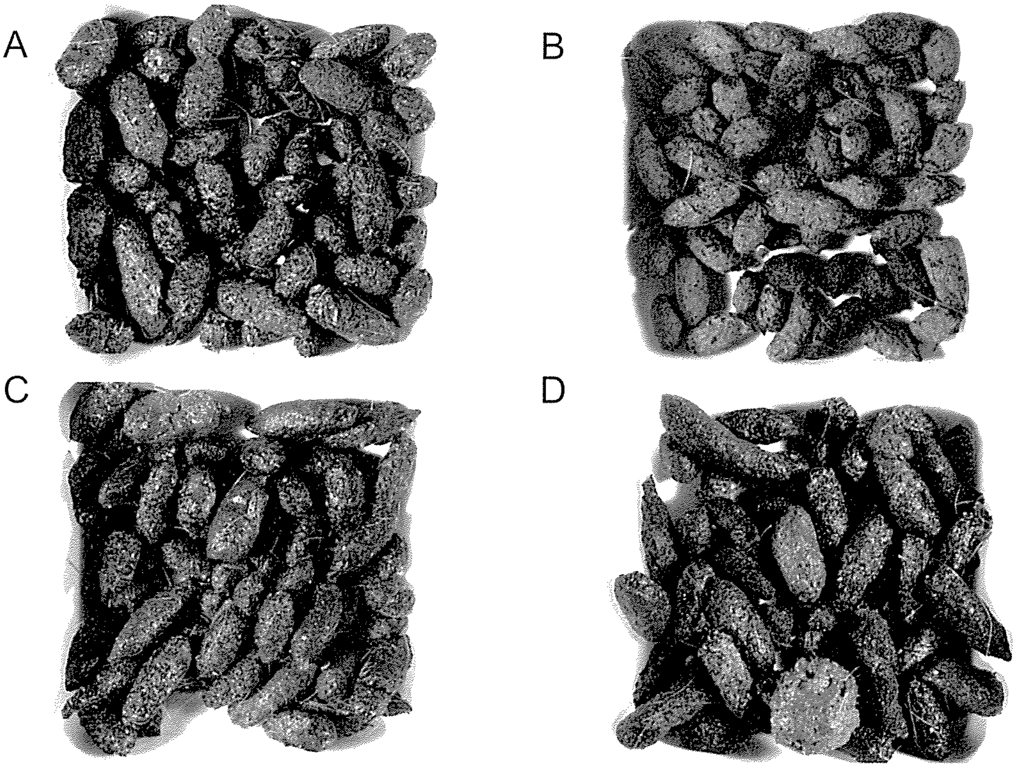


圖 1. 第 14 天各組大鼠糞便外觀。(A) 正對照組；(B) 負對照組；(C) 銀耳多醣低劑量 (1%) 組；(D) 銀耳多醣高劑量 (5%) 組。

Fig. 1. Fecal pellets of rats in each group were collected on 14th day. (A) positive control (saline plus blank diet); (B) negative control (loperamide plus blank diet); (C) TPL (loperamide plus 1% TP in diet); (D) TPH (loperamide plus 5% TP in diet).

糞便含水量：於試驗第 1、4、7、10 及 14 天收集的糞便以烘箱烘乾水分，可換算糞便含水量 (%)。結果如表 2 所顯示，給藥後負對照組糞便含水量為 (27.0 ± 2.1)%至 (38.3 ± 1.7)%，與正對照組的糞便含水量為 (45.4 ± 2.5)%至 (40.8 ± 1.7)%相比較有顯著性下降，尤其在給藥後第 14 天糞便含水量下降最顯著。銀耳多醣低劑量組在給藥後糞便含水量為 (41.5 ± 2.6)%至 (48.2 ± 3.7)%；高劑量組在給藥後的糞便含水量為 (45.1 ± 3.3)%至 (52.4 ± 5.8)%與負對照組相比顯著性高，與正對照組相比較差異不顯著 ($P > 0.05$)。

菌相分析

第 14 天試驗結束時，大鼠以 CO_2 安樂死後在厭氧箱內解剖取出盲腸 (cecum) 內容物，秤取約 0.5 g，加入含 4.5 mL 無菌厭氧稀釋液之試管中。經稀釋取適當倍數，以表面塗抹法，加入 BIM-25、Rogosa 及 TSC 培養基中，置於厭氧缸中培養後計數落數。腸內菌相分析如表 3 所示，銀耳多醣低及高劑量組產氣莢膜梭菌數為 (5.66 ± 0.76) CFU/g 及 (5.64 ± 0.80) CFU/g，與負對照組 (6.64 ± 0.80) CFU/g 相比較有顯著性抑制效果 ($P < 0.05$)，但對大腸桿菌及有益菌的生長並無影響。

表 3. 大鼠盲腸各菌相菌落數

Table 3. Microflra population (Colony forming units) of cecum in rats

	Microfloral log (CFU/g)			
Treatment [z]	CP [y]	*E. coli*	Lacto.	Bifido.
C	6.36 ± 0.47 ab[x]	6.37 ± 0.78 a	10.08 ± 0.25 a	8.43 ± 0.63 a
NC	6.64 ± 0.80 a	6.88 ± 0.80 a	10.19 ± 0.21 a	8.15 ± 0.53 a
TPL	5.66 ± 0.76 b [w]	6.59 ± 0.79 a	10.00 ± 0.23 a	8.33 ± 0.92 a
TPH	5.64 ± 0.80 b	6.89 ± 0.44 a	9.83 ± 0.43 a	8.77 ± 0.20 a

[z] C, control (saline plus blank diet); NC, negative control (loperamide plus blank diet); TPL, 1% Tremella polysaccharide (loperamide plus 1% TP in diet); TPH, 5% Tremella polysaccharide. (loperamide plus 5% TP in diet)
[y] CP, *Clostridium perfringens*; *E. Coli*, *Escherichia coli*; Lacto, *Lactobacterium* spp.; Bifido, *Bifidobacillus* spp. Log CFU/g = Log [Mean of triplicate CFU × Dilution (10 n) × 10 ÷ Sample (0.5 g) × Volume (4.5 mL)].
[x] Data (log) were expressed as mean ± standard error (n = 8).
[w] Significantly different at 5% level by LSD test compared to negative control group.

討　論

古籍記載，銀耳性味甘、平，具滋陰潤肺、養胃生津之功效，自古以來被人們視為延年益壽的藥膳珍品。近年來對於銀耳保健功效研究，包括降低血糖與低密度膽固醇含量、抗發炎及提升人體免疫力等等 (Cheung 1996; Ukai *et al.* 1983, 1992)。本試驗大鼠經投予 Loperamide 產生便秘症狀，造成在體重減輕，糞便數量、乾重、含水量顯著性的下降，在給予低或高劑量銀耳多醣後，除了在試驗期間體重沒有顯著性減輕外，在糞便溼重、乾重及含水量方面，相較於負對照組，皆有顯著改善的現象；高劑量組改善便秘的現象早於低劑量組。本試驗也對結腸段內總已糖含量及含黏液杯狀細胞數量進行定量，可以觀察到負對照組的總已糖含量及含有黏液的杯狀細胞數，相對於對照組或銀耳多醣組均有減少的現象，此應與 Loperamide 降低腸黏液合成的能力有關 (Shimotoyodome *et al.* 2000)，但因個體差異大，難以取得更精確數據，待後續再作進一步研究。研究顯示大鼠餵食纖維素 (cellulose) 可以促進糞便的排出，但不會增加結腸的黏液的分泌，而餵食鹿角菜膠 (carrageenan)、硫酸軟骨素 (chondroitin sulfate) 及海藻酸納 (sodium alginate) 除了可以促進糞便的排出，也可以增加結腸的黏液的分泌 (Shimotoyodome *et al.* 2001)，這三項物質與銀耳多醣同屬水溶性多醣，能吸收水份而膨脹。綜合以上結果，無論飼料中添加低或高劑量銀耳多醣，於在 14 天的試驗中均具有緩減 Loperamide 藥物造成便秘症狀的功效。

引用文獻 (Literature cited)

Baets, S. D. and E. J. Vandamme. 2001. Extracellular *Tremella* polysaccharides: structure, properties, and applications. Biotech. Lett. 23:1361–1366.

Cheung, P. C. K. 1996. The hypocholesterolemic effect of two edible mushrooms: *Auricularia auricular* (tree-ear) and *Tremella fuciformis* (white jelly-leaf) in hyercholesterolemic rats. Nutr. Res. 16:1721–7125.

Chen, H. L., H. C. Cheng, Y. J. Liu, S. Y. Liu, and W. T. Wu. 2006. Konjac acts as a natural laxative by increasing stool bulk and improving colonic ecology in healthy adults. Nutrition 22:1112–1119.

Efskind, P. S., T. Bernklev, and M. H.Vatn. 1996. Adouble-blind placebo-controlled trial with loperamide in irritable bowel syndrome. Scand. J. Gastroenterol. 31:463–468.

Kamm, M. A. 2003. Constipation. Medicine 31:52–55.

Kamm, M. A., C. C. Jordan, B. R. Leaker, F. B. Nicholson, C. D. R. Murray, S. Taylor, M. Marshall, A. Gibbs, E. G. Carter, and A. V. Emmanuel. 2007. Pharmacological modulation of gut mucosal and large vessel blood flow. Aliment. Pharmacol. Ther. 25: 693–702.

Liu, S., Y. Ling, and C. E. Tsai. 1994. Biotechnically synthesized oligosaccharides and polydextrose reduce constipation and putrefactive metabolites in the human. J. Chinese Nutr. Soc. 19:221–232. (in Chinese with English abstract)

Schiller, L. R., C. A. Santa, S. G. Morawski, and J. S. Fordtran. 1984. Mechanism of the antidiarrheal effect of loperamide. Gastroenterology 86:1475–1480.

Shimotoyodome, A., S. Meguro, T. Hase, I. Tokimitsu, and T. Sakata. 2000. Decreased colonic mucus in rats with loperamide-induced constipation. Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 126: 203–212.

Shimotoyodome, A., S. Meguro, T. Hase, I. Tokimitsu, and T. Sakata. 2001. Sulfated polysaccharides, but not cellulose, increase colonic mucus in rats with Loperamide-induced constipation. Dig. Dis. Sci. 46: 1482–1489.

Staiano, A., D. Simeone, E. D. Giudice, E. Miele, A. Tozzi, and C. Toraldo. 2000. Effect of the dietary fiber glucomannan on chronic constipation in neurologically impaired children. J Pediatr. 136:41–45.

Syed, H. 2007. Constipation in long-term care. J. Am. Med. Dir. Assoc. 8:209–218.

Su, J. C., G. W. Chen, and H. L. Chang. 1997. The evaluation of therapeutic effects of fang feng tong sheng powder and colon biofeedback on chronic constipation. J. Chin. Med. 8:197–205. (in Chinese with English abstract)

Tack, J. and S. Müller-Lissner. 2009. Treatment of chronic constipation: Current pharmacologic approaches and future directions. Clin. Gastroenterol. Hepatol. 7:502–508.

Ukai, S., H. Kiriki, K. Nagai, and T. Kiho. 1992. Synthesis and antitumor activities of conjugates of mitomycin C-polysaccharide from *Tremella fuciformis*. Yakugaku Zasshi 112:663–668.

Ukai, S., T. Kiho, C. Hara, I. Kuruma, and Y. Tanaka. 1983. Polysaccharides in fungi. XIV. Anti-inflammatory effect of the polysaccharides from the fruit bodies of several fungi. J. Pharma. 6:983–990.

Wang, H. H. and R. Q. Lin. 1997. Evaluation of 'Liu Mo Tang' for chronic functional constipation. J. Chin. Med. 8:65–72. (in Chinese with English abstract)

Yang, S. H. 2007. Edible *Tremella* polysaccharide for prevention and/or improvement of intestinal disorder. PUB. APP. NO. 20080293670.

Yang, S. H., K. C. Chen, J. H. Wu, and J. W. Liao. 2008. Evaluation for toxicology and mutagenicity of *Tremella* polysaccharide extracted from *Tremella fuciformis*, Berk. J. Taiwan Agric. Res. 57:243–255. (in Chinese with English abstract)

Yu, J. Y. L., C. K. Cheng, B. J. Chen, M. J. Cheng, H. H. Cheng, W. J. Chang, C. C. Hong, P. J. Lee, S. C. Liang, K. S. Sheu, Y. Y. Sung, C. N. Weng, C. W. Tsai, C. S. Wang, M. H. Wang, L. S. Yen, and C. K. Yu. 2005. A Guideline for the Care and Use of Laboratory Animals. Published by the Chinese Society for the Laboratory Animal Science. 2nd ed. Taipei, Taiwan, ROC. 207 pp. (in Chinese)

Polysaccharides of *Tremella fuciformis* as a Diet for Improvement of Constipation in Rats[1]

Kun-Chao Chen[2], Jhaol-Huei Wu[3], Jiunn-Wang Liao[2,3], and Shu-Hui Yang[4,5]

Abstract

Chen, K. C., J. H. Wu, J. W. Liao, and S. H. Yang. Polysaccharides of *Tremella fuciformis* as a diet for improvement of constipation in rats. J. Taiwan Agric. Res. 59:126–133.

Polysaccharides of *Tremella fuciformis* are known to have high water retention capacity and intestinal physiology, they are of potential for the treatment of constipation in animals. This study was conducted to determine effects of *Tremella* polysaccharides (TP) as a diet for improvement of constipation in rats. Rats were treated with Loperamide by hypodermic injection, twice a day at 2 mg/kg of body weight for each injection, to induce spastic constipation as negative control, and then fed with a diet containing 1% or 5% TP of body weight as experiment groups. Rats treated with saline were used as positive control. During the feeding trial for 14 days, the rats in all of the four groups were examined for the symptoms improvement of constipation and microflora population in the cecum of each rat. Results showed that the rats treated with Loperamide and fed with 1% or 5% TP significantly increased fecal weight, dry stool weight and water content (%) of feces ($P < 0.05$) compared to the negative control. The colony forming units of *Clostridium perfringens* of cecum in experiment groups was significantly decreased compared to negative control. This study indicates that *Tremella* polysaccharides are important dietary components for improvement of Loperamide-induced spastic constipations in rats and their potential for treatment of constipation in human warrants further investigations.

Key words: *Tremella fuciformis*, Polysaccharides, Constipation, Animal model.

---

1. Contribution No.2403 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: July 30. 2010.
2. Asssistant and Associate Professor, Graduate Institute of Veterinary Pathobiology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Asssistant and Associate Professor, Animal Disease Diagnostic Center, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Assistant Researcher, Department of Management and Utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experimental Station, TARI, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: debbbie@fthes-tari.gov.tw; Fax: (07)7315590.

台灣農業研究第五十九卷第四期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：陳駿季

總 編 輯：方尚仁

地　　址：41362台中市霧峰區萬豐里中正路189號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)23302301

出版日期：中華民國九十九年十二月三十一日

定　　價：新臺幣一七五元

展售門市：

1.國家書店 / 104 臺北市松江路209號1樓　　(02)25180207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw

2.五南文化廣場 / 400 臺中市中山路6號　　(04)22260330

承 印 者：學安文化事業有限公司

電　　話：(04)22861600

ISSN 0022-4847

GPN 2009500560

December, 2010

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 59, No. 4

Research Reports

Study on Growing Media for Growth and Development of *Angraecum sesquipedale*
Rung-Yi Wu and Yen-Hsu Lai 219

Breeding of 'Chuenfeng' Peach
Shyi-Kuan Ou, Ming-Te Lu, Ming-Hui Liu, and Chia-Wei Song 228

Heat Tolerance Evaluation of Sweet Pepper by Chlorophyll Fluorescence Assessment and Effective Pollination
Jau-Yueh Wang and Menq-Jiau Tseng 237

An Assessment on Area-Wide Control of the Oriental Fruit Fly for Sugar Apple in Taiwan
Ching-Hua Kao, Yu-Bing Huang, Ming-Yao Chiang, Yu-Shih Hsieh, and Edward Y. Cheng.... 249

Pollen Viability and Cross Ability of Isopentenyl Transferase (*ipt*)-Gene Transformed Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and Its Relatives
Po-Yu Ting, Hsiang Chang, Yu-Wen Kao, Hsiu-Ying Lu, Long-Fang O. Chen, Min-Tze Wu, and Lit-Fu Chan 261

Rice Genetic Variation under the Three-Step Propagation System
Dong-Hong Wu and Kae-Kang Hwu 275

The Influence of Storage Temperature and Duration on the Fertility and Host-Killing Capability of *Closterocerus okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae)
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang 289

Erratum [Cover page of 59(2):126–133 (2010)]

Polysaccharides of *Tremella fuciformis* as a Diet for Improvement of Constipation in Rats
Kun-Chao Chen, Jhaol-Huei Wu, Jiunn-Wang Liao, and Shu-Hui Yang

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號　中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847

9 770022 484003

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元